

Psychotechnik und Taylor-System

Von

K. A. Tramm

Erster Band

P

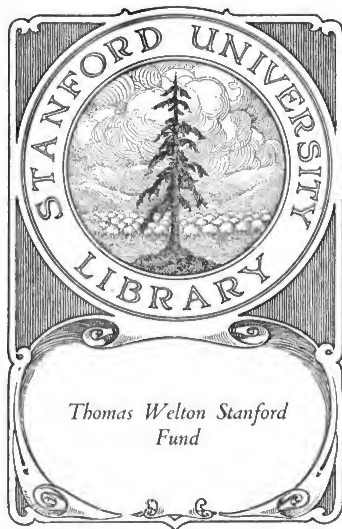
und

Psychotechnik und Taylor-System

Von

K. A. Tramm

Erster Band


STANFORD UNIVERSITY
LIBRARY
Thomas Welton Stanford
Fund

Psychotechnik und Taylor-System

Von

K. A. Tramm
Betriebsingenieur in Berlin

Erster Band

Arbeitsuntersuchungen

Mit 89 Abbildungen



Berlin
Verlag von Julius Springer
1921

In treuer Verehrung und Dankbarkeit
dem verstorbenen Direktor der
Großen Berliner Straßenbahn

Baurat Otto

gewidmet.

Vorwort.

Die vorstehende Untersuchung befaßt sich vorwiegend mit der Erforschung der menschlichen Arbeitsleistung. Sie trachtet zunächst danach, die Einflüsse für den arbeitenden Menschen, die sich aus der Umgebung, dem Arbeitsvorgang, den Lebens- und sonstigen Bedingungen ergeben, nach den bisherigen Erfahrungen zu sammeln, aus den Erfahrungen Schlüsse in bezug auf Wirtschaftlichkeit, Sicherheit, Wohlfahrt für den Arbeiter und die Arbeit abzuleiten. Auf Grund der so gewonnenen Erfahrungen wollen die Untersuchungen arbeitswissenschaftliche Forschungsmethoden aufbauen und weiter entwickeln. Zu diesem Zwecke werden die wichtigsten Untersuchungsmittel und Verfahren an Hand von praktischen Beispielen näher erläutert.

Bei dem heutigen Stande und Entwicklung der Arbeitswissenschaft ergibt sich vorläufig kein lückenloses Bild. Ebenso können die vorliegenden Erfahrungswerte, welche von den verschiedensten Beobachtern, Versuchspersonen und Arbeitsbedingungen stammen, nur als Anhaltspunkte bewertet werden.

Immerhin mögen die Untersuchungen als Ergänzung der im gleichen Verlage erschienenen Arbeiten von Wallichs[1]) und Seubert[2]), die sich vorwiegend mit der technischen und verwaltungstechnischen Organisation der Arbeit befassen, dienen. Weiter wollen die Forschungen dazu beitragen, daß auch der im Betriebe tätige Praktiker wissenschaftliche Forschungsmethoden für die Untersuchung und Verbesserung der Arbeit anwendet. Die Untersuchung der Bedingungen der menschlichen Arbeit muß dem Praktiker ebenso geläufig sein, wie die Prüfung des Materials, der Baurichtigkeit, der Wirtschaftlichkeit u. a. technischer Arbeitsvorgänge.

Der später erscheinende zweite Band wird sich vorwiegend mit den Grundzügen der Eignungsuntersuchung, der Einstellung, Ausbildung und Überwachung des Arbeiters und den sonstigen Anwendungen der Arbeitswissenschaft beschäftigen.

Der Verfasser fühlt sich verpflichtet, an dieser Stelle dem Baurat Otto †, Direktor der Großen Berliner Straßenbahn, zu danken. Er hat in weitsichtiger Weise die Durchführung der arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen gefördert und ermöglicht.

Berlin, im Oktober 1920.

K. A. Tramm.

---

[1]) Wallichs, Die Betriebsleitung insbesondere der Werkstätten. Julius Springer, Berlin.

[2]) Seubert, Aus der Praxis des Taylor-Systems. Julius Springer, Berlin.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort . . . V

Vorbemerkungen über Arbeitsuntersuchungen . . . 1

I. Einflüsse der Umgebung auf die Arbeit . . . 3
1. Raum . . . 3
2. Licht . . . 4
3. Luft . . . 5
4. Temperatur . . . 5
5. Feuchtigkeit . . . 6
6. Wetter . . . 6

II. Periodische Einflüsse auf die Arbeitsleistung . . . 7
1. Tageszeit . . . 7
2. Wochentag . . . 8
3. Monatstag . . . 9
4. Jahreszeit und sonstige Einflüsse . . . 10

III. Einflüsse der allgemeinen Lebensbedingungen . . . 12
1. Lebensalter . . . 12
2. Gesundheit und Ernährung . . . 13
3. Lebensweise . . . 15
4. Alkohol und Arbeitsfähigkeit . . . 16
5. Wohnung und Arbeitsort . . . 17

IV. Einflüsse der allgemeinen Arbeitsbedingungen . . . 18
1. Arbeitsdauer . . . 18
2. Entlohnung . . . 20
3. Arbeiterbehandlung . . . 21
4. Erhaltung des Arbeitswillens . . . 22
5. Einzel- und Massenarbeit, Rhythmus und Volksstimmung . . . 25

V. Zerlegung und Untersuchung der menschlichen Arbeitsleistung . . . 27
1. Vorbedingungen der Arbeitsuntersuchung . . . 28
2. Einführungsbeispiel für die Zerlegung einer einfachen Arbeitsleistung . . . 30
3. Bewußtseins- oder Überlegungsarbeit . . . 33
4. Sinnfälligkeit der Arbeit und Unterweisung . . . 35
5. Arbeitsstörungen . . . 43
6. Arbeitsbewegungen . . . 44
7. Räumlicher Bewegungsverlauf . . . 46
8. Zeitlicher Bewegungsverlauf . . . 53
9. Untersuchung des zeitlichen Verlaufs der Arbeitsbewegung. Gewöhnliche Uhren, Stempeluhren, Additions-Stempeluhr, Stoppuhren, elektrische $^1/_{1000}$-Sekundenuhr . . . 55
10. Arbeitszeitermittlung in der Werkstatt . . . 59

Seite
11. Indirekte Verfahren für die Beurteilung der menschlichen Arbeitsleistung . . . 66
12. Untersuchung des räumlichen und zeitlichen Verlaufs der Arbeitsbewegung. Registrierinstrument, Stimmgabel, Zeichenmagnet, mechanische Schreibvorrichtung, Arbeitsschauuhr, pneumatisches Registrierverfahren . . . 68
13. Photographische Verfahren zur Untersuchung der Arbeitsbewegung 79
14. Gewöhnliche Aufnahme einzelner Arbeitsstellungen . . . 81
15. Aufnahme von Punktbewegungen . . . 82
16. Aufnahme von Punkt-Zeit-Bewegungen . . . 84
17. Aufnahme von Punktbewegungen mittels Stereoskopkamera . . . 85
18. Aufnahme von Linien-Zeit-Bewegungen . . . 86
19. Kinematographische Aufnahme von Arbeitsbewegungen . . . 88
20. Bewegungskraft und Körpergleichgewicht bei der Arbeit . . . 91
21. Untersuchung der Arbeitskräfte . . . 100
22. Abdruckverfahren . . . 100
23. Messung der Arbeitskraft durch Gegenkraft . . . 101
24. Pneumatische Registrierung der Arbeitskraft . . . 103
25. Eine arbeitswissenschaftliche Untersuchung verschiedener Straßenbahn-Notbremsen . . . 105
26. Übungsfähigkeit und Arbeitsleistung . . . 114
27. Ermüdung der Leistungsfähigkeit . . . 119
28. Untersuchung der Ermüdung einzelner Fähigkeiten . . . 122
29. Ermüdung bei leichter Handarbeit . . . 124
30. Ermüdung bei schwerer Körperarbeit . . . 125
31. Ermüdung bei geistiger Arbeit . . . 129
32. Ermüdung der Augen . . . 133
33. Menschlicher Wirkungsgrad bei körperlicher Arbeitsleistung . . . 134
34. Über die Bedeutung und den praktischen Nutzen der Arbeitsuntersuchung . . . 136
Literaturverzeichnis . . . 140

Vorbemerkungen über Arbeitsuntersuchungen.

Das Ziel der Arbeitsuntersuchung ist, die bei der Arbeit vorhandenen Einflüsse der Umgebung, den technischen Arbeitsvorgang, die allgemeinen und besonderen Lebensbedingungen des Arbeiters und den menschlichen Arbeitsvorgang zu verbessern. Hierdurch sollen zugleich die Bedingungen der technischen Wirtschaftlichkeit und Beanspruchung des Arbeiters am günstigsten gestaltet werden. Die Arbeitsuntersuchung hat also stets dafür zu sorgen, daß bei der Arbeit die Gesetze der Volkswohlfahrt und Volkswirtschaftlichkeit herrschen.

Über die Zerlegung, Gruppierung, Wohlfahrt und sonstige Bedingungen der Arbeit ist sehr viel geschrieben worden, und zwar wurden die einzelnen Einflüsse stets isoliert behandelt, d. h., es wurden selten die gesamten Einflüsse untersucht. Dieses bisherige Verfahren, das für eine Arbeit Zeit- und Bewegungsstudien einführt, dabei aber die Eignungs- und sonstigen Einflüsse vernachlässigt, muß im Sinne der arbeitswissenschaftlichen Untersuchung als halbe Arbeit betrachtet werden. Deshalb gilt für die Arbeitsuntersuchung zunächst die restlose Erfassung aller Arbeitseinflüsse von der Umgebung bis zur Leitung und Überwachung. Diese Aufgabe ist keineswegs zu unterschätzen, da heute das Gebiet der Arbeitseinflüsse außerordentlich lückenhaft erforscht ist. Die in Abb. 1 gegebene Übersicht für das Zusammenwirken der verschiedenartigen Einflüsse bei der Arbeit versucht einen Einblick in diese Verhältnisse zu geben. Auf Vollständigkeit kann die Aufstellung natürlich keinen Anspruch erheben. Immerhin aber mag die Darstellung zeigen, daß bestimmte Einflüsse der Umgebung, der technischen Einrichtungen und Lebensbedingungen einen fördernden oder verringernden Einfluß auf die Arbeitsleistung ausüben, bevor die Arbeit überhaupt begonnen hat. Für die Praxis bedeutet das etwa, daß steigernde oder verringernde Einflüsse vorhanden sind, bevor der Arbeiter auch nur einen Hammerschlag getan hat.

Diese Feststellung erscheint von weittragender Bedeutung für die Verbesserung dieser Arbeitsbedingungen.

Es wird deshalb unsere Aufgabe sein, diese Einflüsse nach den vorliegenden Erfahrungen zu sammeln, aus den Erfahrungen Schlüsse zu ziehen, und alsdann wissenschaftlich zu untersuchen.

Die rein technischen Arbeitsbedingungen, wie Arbeitsvorgang, Arbeitsvorrichtung, Auswahl der Bearbeitungsmaschinen usw. müssen wir hierbei jedoch außer acht lassen, da sie mehr ins Bereich der technischen Wissenschaften gehören.

Ebenso müssen wir auf die eingehende Darstellung der verwaltungstechnischen Organisation, wie günstigste Bezugsbedingungen für Rohstoffe, Einkauf der Rohstoffe, Verkauf der Fertigwaren usw. verzichten.

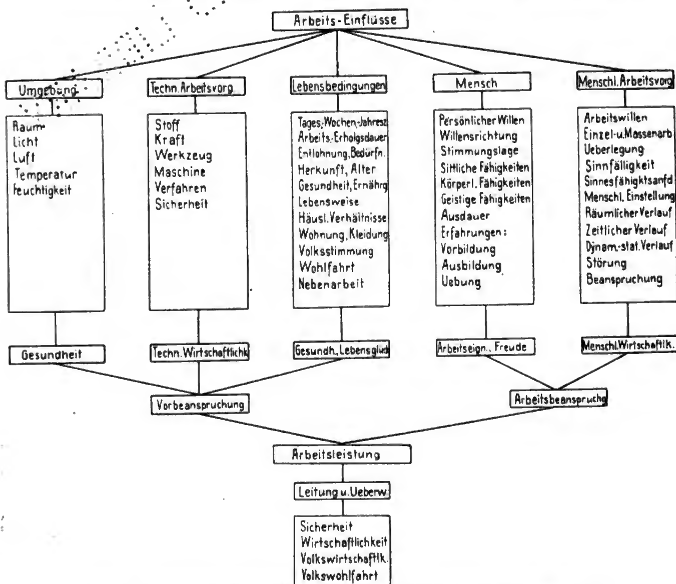


Abb. 1. Versuch einer Darstellung der wichtigsten Arbeitseinflüsse und Arbeitsziele.

Um so eingehender sollen jedoch alle Vorgänge, die für den arbeitenden Menschen von Bedeutung sind, behandelt werden.

Für den Ausgangspunkt der Untersuchungen ist es natürlich um so günstiger, je höher die Rohstoffe, Werkzeuge, Hilfsmittel, Bearbeitungs- und Arbeitsverfahren entwickelt sind. Aus derartigen planmäßigen Vorarbeiten lassen sich die verschiedenen Einflüsse und Bedingungen

schneller und sicherer erkennen, als bei denjenigen Arbeiten, bei welchen die Arbeiter die gesamten Erfahrungen im persönlichen Besitz haben.

Bei der Ergründung der verschiedenen Einflüsse werden wir wissenschaftliche Grenzgebiete beschreiten müssen, die bisher vorwiegend die Psychologen, Ärzte, Lehrer, Volkswirtschaftler u. a. untersucht haben. Denn hier sind so wertvolle Beobachtungen niedergelegt, daß wir sie nicht unbenutzt für die Praxis lassen können. Es sei ausdrücklich betont, daß wir hiermit nicht jenen Wissenschaftlern diese Gebiete streitig machen, sondern lediglich deren Erfahrungen ausnutzen wollen.

Am Schlusse dieser Einleitung muß noch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß nie eine zu große Verallgemeinerung der Ergebnisse vorgenommen werden darf.

Die gemachten Erfahrungen gelten mit Sicherheit nur für die Menschengruppe und die Arbeitsbedingungen, für welche sie abgeleitet sind. Für andere Arbeiter und Bedingungen geben die Werte nur Anhaltspunkte.

Wir werden ferner immer wieder feststellen können, daß die Fähigkeiten des Arbeiters und die Eignung (s. Bd. 2) untrennbar mit der Arbeit und den verschiedenen Einflüssen verbunden sind, d. h., was für den Ungeeigneten eine Störung bedeutet, kann für den Geeigneten ohne Einfluß sein. Ja, Lewenstein[1]) führt in seiner Umfrage über die Beliebtheit der Arbeit Beispiele dafür an, daß die vielumstrittene „Monotonie" bei vielen Arbeitern direkt Arbeitsfreude hervorruft.

Die folgenden Betrachtungen werden sich zunächst mit den verschiedenen äußeren Einflüssen, bei denen sich eine Einwirkung auf die Arbeitsleistung ergeben hat, befassen.

I.

Einflüsse der Umgebung auf die Arbeit.

Die alltägliche Erfahrung sagt uns, daß die Umgebung nicht ohne Einfluß auf unser Fühlen und Wollen ist. Immer wieder machen wir die Bemerkung, daß wir gewisse Umgebungsformen aus Gründen der Zweckmäßigkeit, Gesundheit, Schönheit u. a. bevorzugen oder zu meiden suchen. Daher müssen die ungünstigsten Einflüsse bei der Arbeit erkannt und vermieden werden, das ist hier Ziel und Aufgabe. Soweit auf diesem Gebiete Erfahrungswerte bekannt geworden sind, sollen diese kurz angeführt werden.

1. Raum.

Für den Arbeitsraum eines Menschen fordern die Gewerbehygieniker eine Mindestgrundfläche von 3 qm bei einer Mindesthöhe von 2,5 bis

[1]) Lewenstein, Die Arbeiterfrage. München 1912.

3,0 m. Diese Zahlen gelten für gewöhnliche gewerbliche Betriebe. Kommen dagegen Arbeiten in gas- oder stauberfüllter Luft in Betracht, so müssen erheblich größere Abmessungen gewählt werden. Über die günstigsten Raumgrößen für viele Arbeiter sind Erfahrungen bisher nicht bekannt geworden. Sicherlich gibt es für eine bestimmte Anzahl von Arbeitern bestimmte Raumgrößen, in denen die Arbeitsverhältnisse für die Arbeiter die günstigsten sind.

Sauberkeit und Ordnung im Raume wirken nicht nur in gesundheitlicher Beziehung auf die Arbeiter ein, sondern sie fördern auch Stimmungslage und Disziplin bei der Arbeit.

So dürfte besonders eine kühle, reinliche, stets dem Zwecke gehorsame, die Würde eines jeden Materials respektierende, auf dem kürzesten Wege an das notwendige Ziel kommende Sachlichkeit — vom Sofakissen bis zum Städtebau — die Perle aller architektonischen Produktion sein[1]).

2. Licht.

Das Licht übt einen erheblichen Einfluß auf die Funktion der Augen, die Genauigkeit und Sicherheit der Arbeit und nicht zuletzt auf das Entstehen und die Verbreitung von Krankheitsstoffen aus. Für die Arbeitsräume hat man deshalb bei Tageslichtbeleuchtung mindestens $^1/_3$ Wandfläche für Fenster gefordert. Die direkte Sonnenbestrahlung bei der Arbeit ist zu vermeiden, weil sie in höheren Graden die Leistung verringert und unter Umständen die Gesundheit schädigen kann. Nach den Mitteilungen von Moede[2]) tritt eine Augenermüdung von 5% nach 3stündigem Lesen beim Tageslicht ein, während sie bei künstlicher Beleuchtung durch Kohlenfadenlicht bereits 80% beträgt. Die Bedeutung der Lichtart für die Ausdauer bei der Arbeit ist wohl hierdurch deutlich gezeigt. Der künstlichen Beleuchtung muß besonders bei den „Augenarbeitern“ (graphisches Gewerbe, Feinmechaniker, Bureauarbeiter u. a.) besondere Beachtung geschenkt werden. Nach den vorliegenden Erfahrungen der Gewerbehygiene soll die Beleuchtungsstärke für gewöhnliche Arbeitsplätze 10—20 Meterkerzen und für „Augenarbeiter“ mindestens 50 Meterkerzen betragen. Über die obere Grenze der Beleuchtungsstärke fehlen sichere Angaben. Ein Zuviel an Beleuchtung erzeugt frühzeitige Augenermüdung. Ebenfalls sind einwandfreie Untersuchungen über die verschiedenen Lichtarten und ihren Einfluß auf die Augenermüdung bisher nicht bekannt geworden. Das Licht und die Helligkeit sind ferner von den Umgebungsfarben abhängig, man rühmt hier hellen Farbtönen einen fördernden Einfluß

[1]) R. Breuer, Kaufmännisches Arbeitsgerät. Verlag Hintz-Fabrik, Berlin-Mariendorf.

[2]) Moede, Psychologie im Dienste des Wirtschaftslebens. Julius Springer, Berlin 1919.

auf die Arbeitsleistung nach. Die Stimmungslage wird jedenfalls von den Farben der Umgebung beeinflußt, was Goethe bereits in seiner Farbenlehre anführt. Auch hier müssen Erfahrungen gesammelt werden und planmäßige Untersuchungen Klarheit schaffen.

So zeigen die wenigen vorhandenen Erfahrungen, daß das Licht von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist für die Ausdauer der Augen bei der Arbeit und hiermit für die Genauigkeit der Arbeitsleistung. Auch Körperhaltung, Atmung, Verdauung, Reinlichkeit usw. werden mehr oder weniger vom Licht beeinflußt.

3. Luft.

Zu den bisherigen Einflüssen kommt die Beschaffenheit der Luft hinzu. Hier ist zunächst die Luftmenge von Bedeutung. 12—15 cbm bezeichnen die Hygieniker als Mindestmaß für den gewöhnlichen Arbeitsstand bei guter Lüftung. Der hohe Kohlensäuregehalt der Luft wirkt auf die Ausdauer und Gesundheit des arbeitenden Menschen ungünstig ein. Bei künstlicher Beleuchtung ist dieser Umstand bei der Wahl der Beleuchtungsart nicht zu vergessen. Ferner spielt die Luftzusammensetzung bei Massenversammlungen von Arbeitern in einem Raume eine sehr erhebliche Rolle. Die Arbeitsgerüche und Körperausdünstungen des einzelnen verunreinigen sehr schnell die Luft, so daß die Verminderung, besonders der geistigen Aufnahmefähigkeit, hierunter stark leidet. Deshalb gehört auch gute Lüftung zu den gesundheitlichen und wirtschaftlichen Bedingungen der Arbeit. Es dürfte sehr wahrscheinlich sein, daß die Arbeitsleistungen, besonders in den Betrieben, die unter ungünstigen Luftverhältnissen arbeiten, durch Einführung guter Lüftungsbedingungen gesteigert werden können, was in ähnlicher Weise durch die künstliche Befeuchtung (vgl. Feuchtigkeit) erreicht wurde. Verstaubte Luft übt einen nicht zu unterschätzenden Einfluß auf Arbeitsleistung und Gesundheit des Arbeiters aus. Die Berufskrankheiten der Tabak-, Stein- und sonstigen Arbeiter, die in stark verstaubter Luft arbeiten, liefern hierfür die Beweise. Ferner ist der Geruch der Gase und Staubteilchen noch von Einfluß; jedoch sind einwandfreie Mitteilungen über diese Einwirkungen wenig bekannt geworden. Die Forschungen Koschels haben gezeigt, daß die Arbeitsleistungsfähigkeit des Menschen erst in Höhen von 5000 m wesentlich beeinflußt wird. Sonstige Erfahrungen über den Einfluß des Luftdrucks sind in der Literatur nicht aufzufinden.

4. Temperatur.

Wärme und Kälte der Umgebungsluft haben, wie wir später bei den zeitlichen Einflüssen sehen werden, einen ganz erheblichen Einfluß auf die Leistungsfähigkeit. Die günstigste Temperatur für körper-

liche Arbeitsleistungen soll + 15 — 20° C, bei geistiger Betätigung + 17,5° C und bei gemischter Beschäftigung + 10° C betragen. Höhere und niedere Temperaturen sollen die Arbeitsleistung ungünstig beeinflussen. Bei strahlender Hitze und großer Kälte tritt dieses ganz besonders in die Erscheinung. Aus diesem Grunde ist man beispielsweise dazu übergegangen, die Arbeitszeit bei den „Feuerberufen" (Heizer usw.) kürzer zu bemessen. Die Kälte beeinträchtigt besonders die Arbeitsgenauigkeit, da sie das Tastgefühl herabsetzt. Das Temperatur-Schmerzgefühl bei der Berührung tritt etwa bei — 12° und + 50° C auf. Weiter hat sich gezeigt, daß bei Temperaturen über 30° C und hohem Feuchtigkeitsgehalt der Luft beim Menschen sich das Gefühl der Benommenheit einstellt, bei schwächlichen Personen sollen sogar Ohnmachtsanfälle auftreten. Auch hier sind die Erfahrungen äußerst lückenhaft und die Grenzen unsicher, so daß von der Forschung ein großes Feld beackert werden muß.

5. Feuchtigkeit.

Diejenigen Gewerbe, bei denen die Feuchtigkeit in technischer Beziehung einen Einfluß auf die Arbeitsleistung hat, haben zuerst die Bedeutung derselben für den arbeitenden Menschen erkannt. So haben Webereien aus der Erkennung dieser Tatsache künstliche Befeuchtung eingeführt und hierdurch eine Leistungssteigerung von 3—10% erzielt. Nach den gewerbehygienischen Erfahrungen soll der Feuchtigkeitsgehalt am günstigsten für den arbeitenden Menschen bei 30—40% und ungünstig bei über 60—70% sein. Die bei Massenversammlungen oft angewandte künstliche Verstäubung von flüssigen Riechstoffen dürfte mehr durch Feuchtigkeit als Geruch auf unser Wohlbehagen einwirken. Man wird auch hier für die verschiedenen Arbeitsarten wissenschaftliche Untersuchungen zur Bestimmung der günstigsten Arbeitsverhältnisse anstellen müssen, um einwandfreie Grenzwerte bestimmen zu können.

6. Wetter.

Der Einfluß des Wetters auf das Wohlbefinden des Menschen ist seit alters her bekannt, denn die sog. „Wettermenschen" haben auf Grund ihrer fein entwickelten Nerven oder von krankhaften Körperzuständen diese Wirkung des Wetters dem Mitmenschen vor Augen geführt. Hier hat besonders Hellpach[1]) die verschiedensten Einflüsse von Licht, Luft, Temperatur, Boden, Wasser usw. eingehend nach den vorliegenden Erfahrungen gesammelt und untersucht. Hellpach hat gefunden, daß gewisse Wettererscheinungen, wie Nebel, Regen, Schnee, Gewitterschwüle u. a., besonders bei den Wettermenschen

---

[1]) Hellpach, Die geopsychischen Erscheinungen. Leipzig 1911.

leistungsvermindernd wirken. Auch wird die Stimmungslage hierdurch stark beeinflußt.

Diese Erscheinungen, auf die wir positiv nicht einwirken können, haben besonders für die Arbeitseignung des Menschen Bedeutung. Der Wettermensch muß solchen Tätigkeiten zugewiesen werden, die nicht im Freien vollführt werden brauchen. Ebenfalls können die Einflüsse des Wetters bei der Beurteilung von Fehlleistungen benutzt werden. Ein Unfall, der beispielsweise an einem heißen, gewitterschwülen Nachmittag sich abspielt, ist bei gleicher Schwere anders zu beurteilen, als ein Fall unter gewöhnlichen Wetterbedingungen. Nach diesen wenigen Beispielen über den Einfluß der Umgebungsfaktoren wenden wir uns den periodischen Einflüssen zu.

II.

Periodische Einflüsse auf die Arbeitsleistung.

Nachdem wir die mehr greifbaren Umgebungseinflüsse kennen gelernt haben, müssen wir auch kurz die „nicht greifbaren" Einflüsse behandeln. Die Statistik der Arbeitsleistung hat gezeigt, daß die menschliche Arbeitsfähigkeit mehr oder weniger starken periodischen Schwankungen unterworfen ist. Die Ursachen dieser Leistungsschwankungen sind keineswegs geklärt, sie mögen in der Hauptsache in den klimatischen Bedingungen, in der Arbeitsart und in der psychophysischen Beschaffenheit des menschlichen Körpers liegen.

Die periodischen Einflüsse, auf die wir ebenfalls wenig Einfluß haben, müssen möglichst bei der Verteilung der Arbeit berücksichtigt werden. Die periodisch bedingte, verminderte menschliche Leistungsfähigkeit kann beispielsweise durch Zuteilung leichterer Beschäftigung berücksichtigt werden usw.

Um diese Einflüsse kennen zu lernen, haben wir aus den verschiedensten Statistiken Erfahrungswerte herangezogen und bildlich veranschaulicht. Die so erhaltenen Bilder sind nur als Beispiele aufzufassen. Für die verschiedenen Klimate, Arbeitsarten und Menschen dürften sich mit dem Fortschreiten der Arbeitswissenschaft bestimmte typische Werte ableiten lassen.

1. Tageszeit.

Der Verlauf der Arbeitsleistung am Tage ist abhängig von der zeitlichen Verteilung der Arbeit und Ernährung des Arbeiters bei der Arbeit. Die Tagesleistung ist hier günstiger als die Arbeitsleistung während der Nacht. Der günstigste Zeitpunkt der Leistung scheint sich mit der Jahreszeit zu verändern und nicht, wie bisher fast allgemein angenommen wurde, in die zweite Hälfte des Vor- und Nachmittags zu fallen.

Für diese Behauptung liefert die Abb. 2 einen Beweis. Der Verlauf der Unfallhäufigkeit[1]) bei der Großen Berliner Straßenbahn zeigt, daß im Januar der ungünstigste Zeitpunkt gegen 10 und 11 Uhr vormittags, dagegen im August zwischen 7 und 8 Uhr nachmittags zu suchen ist. Die Abb. 2 zeigt ferner den Verlauf des ungünstigsten Zeitpunktes der Leistungsfähigkeit während der Tagesstunden für den Führer. Dagegen

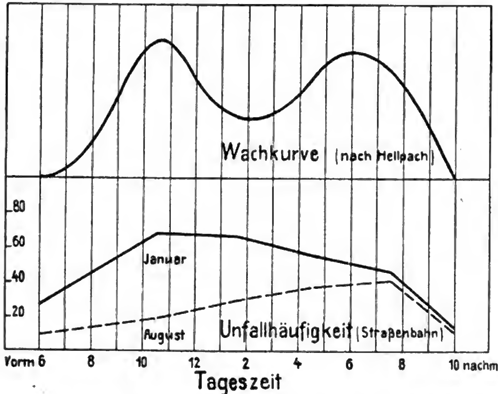


Abb. 2. Einfluß der Tageszeit auf den Verlauf der Arbeitsleistung.

ist es sehr wahrscheinlich, daß bei geistiger Arbeitsart die Leistungsfähigkeit in der bisher angenommenen Form verläuft. Diese deckt sich auch gut mit der von Hellpach angegebenen Wachkurve (Abb. 2).

Auf Grund einwandfreier Erfahrungen könnte man die Arbeitsdauer und Arbeitsverteilung mit Rücksicht auf die Arbeitssicherheit für die verschiedenen Arbeitsarten nach der Schwankungskurve wählen.

2. Wochentag.

Die Erfahrung, daß Montag und Sonnabend am ungünstigsten für die Leistungsfähigkeit sind, scheint für sehr viele Arbeitsarten zutreffend zu sein. Hierfür führt man Überanstrengungen am Sonntag und Zunahme der Wochenermüdung am Sonnabend an. Nach der Erfahrung des Verfassers dürfte die Minderleistung am Sonnabend mehr psychische Ursachen haben, und zwar durch geistige Vorbeschäftigung mit dem

[1]) Denkschrift: Die Große Berliner Straßenbahn und ihre Nebenbahnen 1901 bis 1911.

Sonntag. Der Arbeiter überlegt sich hier während der Arbeit, wie er die freie Zeit verbringen will. Bei den Frauen scheint ein etwas veränderter Verlauf der Leistungsfähigkeit[1]) vorzuliegen, wie dieses Abb. 3 zeigt. Hier gilt die Kurve *a* für Arbeiten, die vorwiegend Geschicklichkeit und Behendigkeit erfordern. Die Kurve *b* gilt für eine Arbeitsform, die Ruhe und Umsicht erforderlich macht. Die Leistungsbilder

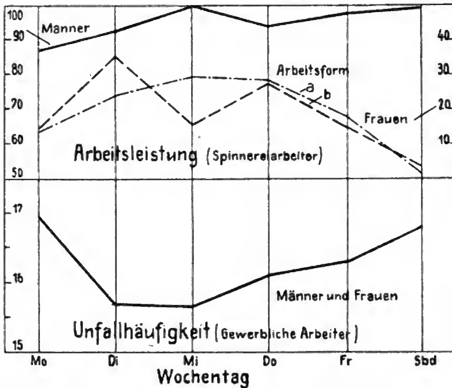


Abb. 3. Einfluß des Wochentags bei verschiedenen Arbeitsleistungen.

zeigen, daß die Arbeitsart nicht gleichgültig für den Verlauf der Schwankungen ist. Einen wesentlichen Einfluß auf diese Leistungsschwankungen können wir auch hier nicht erreichen, bevor nicht der Arbeiter zum gesundheitlichen Verbringen der freien Zeit erzogen ist und angebliche Vergnügungen und Überanstrengungen vermeidet.

3. Monatstag.

Über den Verlauf der Arbeitsleistung während der Monatstage sind sehr wenig Aufzeichnungen bekanntgegeben. Wir sehen in Abb. 4 den Verlauf der Führerleistung in den Lohnperioden. Die Höchstpunkte der Kurve, also die ungünstigsten Leistungen, fallen stets einige Tage nach dem Löhnungstage. Auch hier sind wohl die Schwankungen durch geistige Beschäftigung mit der Verwendung des Lohnes zu erklären.

[1]) Bernays, Auslese und Anpassung der Arbeiterschaft. Bd. 133. Leipzig 1910.

Da die Kurven in der Kriegszeit abgeleitet sind und für Männer und Frauen gelten, so dürfte der Alkoholeinfluß nicht wesentlich für die Schwankung der Leistung beigetragen haben. Auch folgt ja in den meisten Fällen bei der Straßenbahn dem Löhnungstag kein freier Tag.

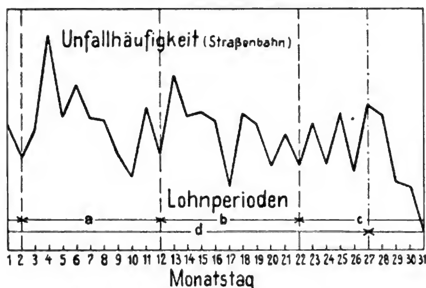


Abb. 4. Der Verlauf der Unfälle zeigt, daß nach den Löhnungstagen die Unfallhäufigkeit zunimmt.

Falls es sich hier um allgemeingültige Erfahrungen handeln sollte, wäre zu fordern, daß möglichst wenig Löhnungstage die „Gemüter" beunruhigen, was naturgemäß die Leistungen steigern würde.

4. Jahreszeit und sonstige Einflüsse.

Auch hier liegen nur geringe Erfahrungen für den jahreszeitlichen Verlauf der Leistungsfähigkeit vor. Nach der Hellpachschen Kurve (Abb. 5) verlaufen die Schwankungen für geistige und körperliche Arbeiten verschieden. Nach den allgemeinen Erfahrungen scheinen die Sommermonate ungünstiger zu sein als die Wintermonate.

Allerdings haben die wenigen Bilder, die wir in diesem Abschnitt anführen konnten, nicht das Wesen der Periodik zu erklären vermocht; es dürften hier besonders Vererbung und die körperliche Sekretion eine wichtige Rolle spielen. Fließ hat auf Grund umfangreicher Untersuchungen nachzuweisen versucht, daß die menschliche Leistungsfähigkeit nach bestimmten Gesetzen verläuft. Sobald die Stammtafel des Individuums bekannt ist, kann man nach Fließ [1]) die guten und schlechten Zeiten und Perioden rechnerisch bestimmen. Nach der anderen Seite dürfte die Sekretion, außer beim jugendlichen Arbeiter in der Pubertätszeit, auch bei der Frauenarbeit (Menstruation) einen periodischen Einfluß auf die Leistungsfähigkeit ausüben.

[1]) Fließ, W., Das Jahr im Lebendigen, Jena.

Ebenfalls müssen auch hier erst einwandfreie Werte abgeleitet werden, bis die Arbeitsleistung mit Rücksicht auf diese Einflüsse festgelegt und verteilt werden kann.

Die einzelnen Erfahrungen und abgeleiteten Schlüsse zeigen, daß es Mittel und Wege gibt, um auch von dieser Seite günstig für Arbeiter und Arbeit mittels arbeitswissenschaftlicher Methoden wirken zu können.

Je ungünstiger die verschiedenartigen Einwirkungen der Umgebung, des Klimas, der Arbeit usw. an sich sind, um so ungünstiger wird die

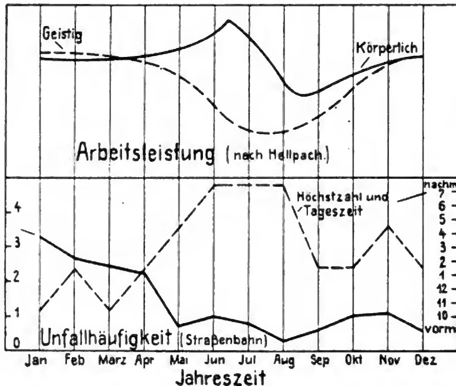


Abb. 5. Die körperliche und geistige Arbeitsleistung nebst Unfallhäufigkeit unterliegen starken Schwankungen im Verlaufe des Jahres.

„Leerlaufsbeanspruchung“ des Arbeiters sein. Diese für die Arbeitsleistung störenden und oft für Leib und Seele schädlichen Einflüsse entziehen der Arbeit je nach Vollkommenheit der Arbeitsorganisation ganz erhebliche Kräfte. Sie beeinflussen Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Tastgefühl, Ausdauer und andere Fähigkeiten mehr oder weniger ungünstig.

Wird der Arbeiter im Berufsleben dauernd diesen ungünstigen Einwirkungen ausgesetzt, so wird seine Gesundheit meistens derart geschädigt, daß eine vorzeitige Abnutzung der Lebenskräfte stattfindet. Auch sinkt die Leistung dieses frühzeitig verbrauchten Arbeiters. Volkswohlfahrt und Volkswirtschaft werden sicherlich durch Verbesserung und Rücksichtnahme auf diese Einflüsse günstig beeinflußt werden können.

III.

Einflüsse der allgemeinen Lebensbedingungen.

Auf Grund des bisherigen Entwickelungsganges sind die meisten Menschen mehr oder weniger von den Bedingungen, unter denen ihre Vorfahren und sie selbst den größten Teil der Zeit gelebt haben, abhängig. In vielen Fällen beeinflussen diese Bedingungen den Menschen von der Geburt bis zum Tod. Der Geburtsort und dessen Umgebung sind deshalb für die meisten auch der spätere Wirkungskreis.

Die Arbeitsart hat sich daher möglichst diesen Bedingungen anzupassen. Die Anforderungen, die man an den Arbeiter gemäß seiner Herkunft stellt, sind verschieden. Das Verwachsensein mit den Bedingungen der Heimat steigert die Eignung des Arbeiters für das heimatliche Wirtschaftsleben. Ebenfalls hat sich die persönliche Menschenbehandlung stets diesen Bedingungen anzupassen, um so die Arbeitsstimmung am günstigsten zu gestalten. Auch hier mögen die wichtigsten Einwirkungen verschiedener Lebensbedingungen kurz angeführt werden.

1. Lebensalter.

Das Lebensalter spielt eine besondere Rolle bei der Arbeitseignung, Anlernung und Sicherheit. Nach den allgemeinen Erfahrungen dürfte sich das Alter von 15—20 Jahren am besten für die Ausbildung der Lebensberufe eignen, die eine längere Lehrzeit erfordern. Für die angelernten Tätigkeiten, die nur eine kurze Anlernzeit erfordern, dürfte das Alter etwa 15—35 Jahre betragen (vgl. hierzu die Abb. 6).

Nach dieser oberen Grenze nimmt die Anlernfähigkeit bis 40 Jahre langsam und von hier sehr stark ab. Die Ausbildungen erfordern alsdann oft die doppelte und dreifache Zeit und liefern trotzdem einen erheblichen Prozentsatz ungeeigneter Leute. Bei den Tätigkeiten, die ständigen Arbeitswechsel haben, sind diese Bedingungen wohl zu berücksichtigen. Die Tätigkeiten, die besondere Anforderungen an die Sicherheit der Leistung stellen und gewissenhafte, verantwortungsvolle Arbeiter verlangen, erfordern nach den Erfahrungen des Verfassers im allgemeinen ein Mindestalter von 25 Jahren.

Die Arbeitsleistung (vgl. Abb. 6) steigt mit dem Alter und dürfte beim Manne bei etwa 40 Jahren den Höchstpunkt in der Leistungsfähigkeit erreicht haben. Nach dem 40. Lebensjahre fällt die Leistung bis zu 50 Jahren langsam und alsdann infolge der Alterserscheinungen sehr schnell. Der Verlauf der Unfallhäufigkeit (Abb. 6) und die von Bienkowki ermittelten Kurven decken sich gut mit diesen allgemeinen Erfahrungen.

Die praktische Handhabung der Arbeitereinstellung gibt diesen Ableitungen recht. Es ist bekanntlich im allgemeinen für den Arbeiter nach dem 40. Lebensjahre sehr schwer, eine Lebensstellung zu erhalten.

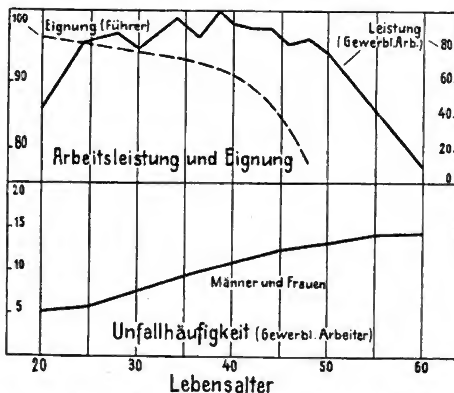


Abb. 6. Einfluß des Lebensalters auf Arbeitsleistung und Eignung.

Auch hier kann die Arbeitswissenschaft segenbringend wirken, indem sie dem älteren Arbeiter leichtere Arbeit zuteilt, damit der „Fluch des Alters" nach Möglichkeit beseitigt wird.

2. Gesundheit und Ernährung.

Der Gesundheits- und Ernährungszustand des Körpers hat einen wesentlichen Einfluß auf die menschliche Tätigkeit. Krankheiten schwächen den Körper auf kürzere oder längere Zeit; bestimmte Krankheiten das ganze Leben hindurch. Deshalb ist für alle wichtigen oder schweren Tätigkeiten die ärztliche Eignungsuntersuchung im Interesse der Volkswirtschaftlichkeit zu fordern, damit von vornherein körperlich ungeeignete Leute von den für sie zu schweren Arbeiten ferngehalten und nicht in ihrer Gesundheit geschädigt werden. Ebenfalls ist den durchgemachten Krankheiten des Arbeiters besondere Beachtung bei der Zuteilung wichtiger Arbeiten zu schenken.

Als Anhaltspunkt für die Gesundheit des Menschen kann der körperliche Ernährungszustand gelten. Das Gleichgewicht des Ernährungszustandes wird durch Lebens- und Arbeitsweise, durch Körperbau

und Nahrungszufuhr bestimmt. Es ist wohl allgemein bekannt, daß Hungergefühl und Unterernährung fast sämtliche Körperfunktionen beeinflussen; sie wirken durchweg leistungsvermindernd. In England hat man beispielsweise gefunden, daß Arbeiter, die die Arbeit ohne Frühstück anfingen, eine viel größere Ermüdung zeigten, als die anderen Arbeiter. Nachdem dieser Mangel beseitigt war, ließ die Ermüdung bei den Arbeitern erheblich nach, so daß die Leistung sich bis zu 12,4 % vermehrte[1]). Dem Hungergefühl muß durch richtige Wahl der Ernährungspausen und der Ernährung durch genügende Zufuhr von nährkräftigen Nahrungsmitteln (Fabrikküchen) Rechnung getragen werden. Der Arbeiter muß daher über die Mindestmengen der Nahrungszufuhr aufgeklärt werden. Die ärztliche Beratung soll möglichst den Gesundheits- und Ernährungszustand des Arbeiters von Zeit zu Zeit untersuchen, damit dem Kräfteverfall rechtzeitig vorgebeugt wird. Wie die englischen Untersuchungen ergeben haben, sind viele Arbeiter aus Unkenntnis und Gewohnheit unterernährt. Nach der heutigen Handhabung der berufsärztlichen Beratung wird der Arbeiter meistens nur beim Eintritt untersucht, alsdann hört jede gesundheitliche Überwachung bis zur Krankheit auf.

Für wichtige Beschäftigungen ist auch die periodische psychische Eignungsüberwachung zu fordern.

Um für die Ernährung und Nahrungsmittelzufuhr für einige Arbeitsarten Erfahrungszahlen zu nennen, mögen die von Voit ermittelten Werte angeführt werden (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1.

Nahrungsbedarf beim Manne während 24 Stunden (nach C. Voit und Rubner).

Arbeitsart	Nahrungsmenge g			Nahrungswert in Kalorien
	Eiweiß	Fett	Kohlenhydr.	
Leichte Beschäftigung (geistig Arbeitende in vorwiegend sitzender Lebensweise) . .	127	89	362	2300—2500
Mittelschwere körperliche Arbeit	118	56	500	3000
Ganz schwere körperliche Arbeit (Schwerarbeiter)	—	—	—	3500—4000

Die Aufstellung zeigt deutlich den erhöhten Stoffumsatz für die verschiedenen Tätigkeiten. Auf den Wärmegehalt der Nahrung in Kalorien ausgedrückt kommen wir später (Abschnitt V, 33) bei der Bestimmung des Wirkungsgrades der menschlichen Arbeit zurück.

[1]) Kent, Iron Age, 22. Febr. 1917. Ausführlicher Bericht über diese Arbeiten befindet sich in der Zeitschrift: Praktische Psychologie Nr. 12, 1920, Leipzig.

Der Ernährungszustand läßt sich am leichtesten an Hand der **Hassingschen** Körpergewichtstabelle beurteilen. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit des Ernährungszustandes für die Leistung erfolgt die Wiedergabe dieser Gewichtstabelle (Tabelle 2).

Tabelle 2.

Hassingsche Tabelle über das Körpergewicht des Mannes.

Körperlänge (cm)	Lebensalter (Jahre)									
	15—24	25—29	30—34	35—39	40—44	45—49	50—54	55—59	60—64	65—69
	Körpergewicht in kg, ohne Kleider[1]).									
150	53,43	56,28	57,10	59,37	60,00	60,02	60,02	60,02	58,12	—
152	54,27	56,14	57,99	59,40	60,30	60,71	60,71	60,71	59,20	—
154	55,00	56,98	58,36	59,43	60,62	61,37	61,37	61,37	60,20	—
156	55,72	57,23	58,94	59,87	61,18	62,07	62,07	62,07	61,37	—
158	56,54	58,33	59,71	60,65	61,96	62,90	62,90	62,90	62,45	—
160	57,60	59,41	60,77	61,68	63,05	63,95	63,95	63,95	63.50	63,50
162	59,08	60,90	62,20	63,10	64,45	65,05	65,37	65,37	64,94	64,52
164	60,20	62,00	63,40	64,30	65,63	66,11	66,80	66,80	66,34	65,82
166	61,44	63,25	64,59	65.53	66,86	67,28	68,23	68,23	67,98	67,28
168	62,88	64,76	66,11	67,02	68,40	68,74	69,77	69,77	69,77	68,72
170	64,30	66,42	67,84	68,78	70,19	70,59	71,50	71,50	71,50	70,56
172	65.73	67,94	69,32	70,53	71,94	72,36	73,29	73,29	73,29	72,87
174	67,18	69,40	71,00	72,32	73,73	74,15	74.89	75,10	75,10	75,10
176	68,62	70,85	72,83	74,13	75,50	75,90	76,40	76,90	77,02	77,02
178	70,10	72,34	74,58	76,00	77,30	77,74	78,19	78,64	79,25	79,25
180	71,82	74.19	76,39	78,10	79,09	79,89	79,98	80,42	81,23	81,23
182	73,91	76,08	78,45	80,22	80,83	82,02	81,73	82,23	83,13	83,13
184	75,82	78,51	80,58	82,40	82,82	84,21	83,71	84,21	84,71	84,71
186	77,61	81,00	82,82	84,61	85,12	86,45	85,90	86,27	86,02	86,02
188	79,88	83,52	85,33	87,10	88,08	88,98	88,00	88,00	87,10	87,10
190	81,70	85,70	87,86	89,74	—	—	—	—	—	—

Nach **Cimbal**[2]) bedingt ein Gewichtsverlust von 15 kg für schwächliche und 25 kg für gesunde Personen ein starkes Sinken der Leistungsfähigkeit.

3. Lebensweise.

Wiederholt wurde schon auf die Bedeutung der Lebensweise für Gesundheit und Arbeitsleistung hingewiesen. Das Verbringen der freien Zeit des Arbeiters geschieht heute nicht in der Weise, wie es sein sollte. Den Beweis hierfür liefern besonders die vorgeführten Unfallkurven (Abb. 3 und 4). Deshalb muß auch von seiten der arbeitswissenschaftlichen Forschung bewußt auf richtige Lebensführung des Arbeiters

[1]) Bei Messung in Kleidern ist im Sommer $2^{1}/_{2}$—$3^{1}/_{2}$ kg abzuziehen, im Winter 6—7 kg.

[2]) **Cimbal**, Rüstigkeit und Tüchtigkeit. Hemmerich & Lesser, Hamburg 1919.

hingewirkt werden. Nicht nur Gesundheit, sondern auch die sittlichen Eigenschaften, das Bewußtsein und der Wille, werden hierdurch gestärkt. Der Arbeiter wird zum Denken, Beobachten, Urteilen erzogen. Unbewußt verwendet der Arbeiter die so erhaltenen Kenntnisse und die Übungsfähigkeit im Sinne der Verbesserung und Steigerung der Arbeitsleistung. Wie wir uns um die Gesundheit des Arbeiters kümmern, müssen wir auch für das geistige Wohl sorgen, um die Lebensweise günstig beeinflussen zu können. Deshalb muß der Arbeiter mit den Gesundheitsregeln vertraut gemacht werden. Die schädigenden Wirkungen der angeblichen Genüsse müssen ihm deutlich ins Bewußtsein gerufen werden. Es muß weiter durch bestimmte Anweisungen auf die Möglichkeiten der nutzbringenden Verwendung seiner freien Zeit hingewiesen werden. Bestimmte Regeln lassen sich hier vorläufig schwer aufstellen, da die jeweilige Arbeitsart und die Lebensbedingungen für die Möglichkeiten der Beschäftigung verschieden sind. Der Fabrikarbeiter wird im Wechsel der Arbeit am Bestellen seines Gartens seine Freude finden, während der Landarbeiter nach Feierabend seine Geräte in Ordnung bringt, sich mit seinen Kameraden unterhält usw. Mehr als bisher müssen besonders die unverheirateten jungen Leute auf die zweckmäßige Verbringung ihrer freien Zeit hingewiesen werden.

Der Gesundheits- und Bildungswillen muß beim Arbeiter planmäßig entwickelt werden; denn nur geistige Regsamkeit sorgt dafür, daß durch falsche Genüsse die Gesundheit und Leistungsfähigkeit nicht frühzeitig untergraben werden. Um auch hier an Hand von wissenschaftlichen Forschungen einige Tatsachen anzuführen, soll das wichtigste und häufigste Genußmittel „Alkohol“ in seinem Einfluß auf die Leistungsfähigkeit kurz behandelt werden.

4. Alkohol und Arbeitsfähigkeit.

Die alkoholischen Getränke üben eine verheerende Wirkung in gesundheitlicher, sittlicher und volkswirtschaftlicher Hinsicht aus. Die Statistiken haben einwandfrei nachgewiesen, daß die Betriebsunfälle durch Alkoholgenuß der Arbeiter verdoppelt und verdreifacht werden, und daß die Sterblichkeit der Arbeiter gesteigert wird. Häufiger Stellen- und Berufswechsel finden sich bei den Alkoholikern. Aus diesen Gründen ist für alle Arbeitsstätten zu fordern, daß sowohl im Interesse des Arbeiters als auch der Arbeit, der Genuß alkoholischer Getränke bei der Arbeit zu unterbleiben hat. Kraepelin hat nachgewiesen, daß die Nachwirkungen ganz geringer Alkoholmengen auf mehrere Tage die Leistungsfähigkeit herabsetzen. Ein kräftiger Frühschoppen macht sich beispielsweise bis zum Abend des darauf folgenden Tages bemerkbar[1]). Um hier ein anschauliches Beispiel für die Wirkungen

[1]) Gruber, Der Alkoholismus. S. 51. Teubner, Leipzig.

des Alkohols bei geistiger Arbeit zu geben, mag das Ergebnis einer Untersuchung[1]) bildlich (Abb. 7) wiedergegeben werden, welches beim Auswendiglernen erhalten wurde. Den Versuchspersonen wurden vom 7.—18. und 26. und 27. Tage je 40—80 g Alkohol täglich verabreicht. Wie die Kurve zeigt, hört sofort nach Alkoholgenuß die Zunahme der Übungsfähigkeit auf, ja, die Leistungsfähigkeit nimmt ständig ab (25—40%). Diese Untersuchungen sind mehrfach von anderen Forschern mit gleichem Erfolge angestellt worden.

Sicherlich treten ähnliche Einwirkungen auf die körperlichen Arbeitsleistungen auf. Erwähnt sei schließlich noch, daß nach Alkoholgenuß sich beim Arbeiter meistens ein Gefühl der erhöhten Leistungsfähigkeit einstellt, trotzdem objektiv das Gegenteil der Fall ist.

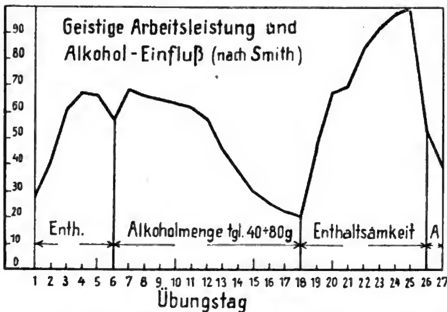


Abb. 7. Einfluß des Alkoholgenusses auf die Arbeitsleistung.

Es läßt sich ganz allgemein sagen, daß der Alkoholgenuß auch bei kleineren Mengen die Wahrnehmungen des Gefühls, Gehörs, Geschmacks, Geruchs und außerdem die Bewußtseinsvorgänge und reflektorischen Bewegungen sehr ungünstig beeinflußt.

Ähnlich wie mit dem Alkohol dürfte es sich mit dem Tabakgenuß verhalten, jedoch sind hierüber exakte Untersuchungen weniger bekannt geworden.

5. Wohnung und Arbeitsort.

Der Einfluß schlechter, ungesunder Wohnräume äußert sich beim Arbeiter besonders in gesundheitlicher und sittlicher Beziehung. Die Stimmungslage wird hierdurch beeinflußt, so daß diese Verhältnisse bei dauernder Einwirkung ganz sicher auch die Leistungsfähigkeit be-

[1]) Gruber, Der Alkoholismus. S. 52. Teubner, Leipzig.

einträchtigen. Deshalb muß gefordert werden, daß sich die arbeitswissenschaftliche Fürsorge auch um diese grundlegenden Lebensbedingungen des Arbeiters kümmert.

Von ebenso großer Bedeutung dürfte die Lage der Wohnung zur Arbeitsstätte sein. Oft muß ein Arbeiter um $^1/_2$5 Uhr früh seine Nachtruhe beenden, eine Stunde und mehr in überfüllten Verkehrsmitteln zubringen, um an der Arbeitsstätte um 7 Uhr zu sein. Nach Schluß der Arbeit vollzieht sich dieselbe Zeit- und Leistungsverschwendung. In anderen Fällen wieder fährt der Arbeiter $^1/_2$—1 Stunde mit dem Fahrrad zur Arbeitsstätte. Bedenkt man noch die Witterungseinflüsse, die sich bei diesen langen Zureisewegen ergeben, so wird man wohl, ohne fehlzugehen, annehmen können, daß hier eine Vorbeanspruchung des Arbeiters bezüglich seiner Leistungsfähigkeit von nicht zu unterschätzender Bedeutung vorliegt.

Das Verhältnis der Zureise- zur Arbeitszeit, welches in den angeführten Beispielen 1 : 2 bis 1 : 3 war, dürfte bei einem bestimmten Wert die Arbeitsleistung stark herabsetzen, ja, es ist denkbar, daß die Arbeitsleistung in einigen Fällen leichter ist als die Zureiseleistung. Die Arbeitswissenschaft kann auch hier die noch zulässigen Bedingungen für Wohnungslage und Arbeitsstätte untersuchen.

Außer diesen Einflüssen haben noch Nachtruhe, Körperpflege und Kleidung Einfluß auf die Arbeitsleistung. Die Verkürzung der Nachtruhe bedingt bei den meisten Menschen eine oft mehrere Tage nachdauernde ungünstige Beeinflussung wichtiger Sinnesfähigkeiten. Gesunde, zweckmäßige Körperpflege und Kleidung wirken vorbeugend für Krankheiten und üben einen günstigen Einfluß auf die Stimmung aus.

IV.

Einflüsse der allgemeinen Arbeitsbedingungen.

1. Arbeitsdauer.

Die lange Arbeitsdauer gilt von altersher als maßgebende Forderung des Wirtschaftslebens. Man ging hier von der Annahme aus, daß die Arbeitsdauer des Menschen der Arbeitsleistung direkt proportional sei. Hier war es Ernst Abbe[1]), der wohl zuerst den Wert der Arbeitsdauer zur Arbeitsleistung richtig einschätzte; er bewies an den praktischen Erzeugnissen seiner Werkstätten, daß eine Verringerung der Arbeitsdauer eine Erhöhung der Arbeitsleistung nach sich ziehen kann. Diese Tatsache hat sich nachher in den verschiedensten Betrieben feststellen lassen. Hieraus ergibt sich der Erfahrungssatz, daß

[1]) Abbé, Gesammelte Abhandlungen. Jena 1908.

es für die verschiedenen Arbeiten nur eine günstige Arbeitszeit gibt. Wird diese Zeit überschritten, so verringert sich die Arbeitsleistung des Arbeiters. Der menschliche Wirkungsgrad verringert sich hier durch die Überbeanspruchung. Die Überstunden sind daher unwirtschaftlich für Arbeiter und Betrieb. Einige Zahlen, die in englischen Betrieben auf Grund arbeitswissenschaftlicher Forschungen festgestellt sind, führen deutlich die vorstehenden Schlüsse vor Augen:

Frühere Arbeitszeit Std./Tag	Herabgesetzte Arbeitszeit Std./Tag	Steigerung der Arbeitsleistung durch die Herabsetzung der Arbeitszeit
12	10	5,5 %
10	8	14,5 %

Andere Untersuchungsergebnisse stammen aus dem Bergbau (Mexiko), wo die Verkürzung der Arbeitszeit die folgenden Zahlen ergeben hat:

Tabelle 3[1]).

Ein Beispiel für den Einfluß der Arbeitsdauer auf die Leistung.

Schichtdauer		Kosten für 1 m Tunnel		Wöchentlicher Vortrieb im Tunnel	
Std.	%	Dollar	%	m	%
16	100	41,75	100	36	100
8	50	41,52	99,45	50	139
4	25	39,57	94,75	70	194,5

Es lagen hier sehr ungünstige Arbeitsverhältnisse vor, die eine derartige Schichtabkürzung rechtfertigen.

Wir wollen hier keineswegs beweisen, daß die Arbeitssteigerung nur durch Abkürzung der Arbeitszeit zu erreichen ist.

Diese Tatsachen sollen vielmehr davon überzeugen, wie notwendig gerade hier die wissenschaftliche Forschung ist.

Bei der Festsetzung der Arbeitsdauer muß man sich also stets darüber klar sein, daß eine verlängerte Arbeitszeit, sei es durch Fortfall oder anderweitige Abkürzung der Ruhepausen, die Erholung des Arbeiters immer unvollkommener ausgleicht und deshalb nicht nur die Leistung verringert, sondern auch den Arbeiter gesundheitlich schädigt.

In den Fällen, wo die praktischen Verhältnisse mit Überstunden zu rechnen haben, dürfte die Verteilung der Überstunden auf die Arbeitswoche eine Rolle spielen. Auch dürfte sich für die Be-

[1]) Taylor Zeitschrift, Nr. 4, 1920.

urteilung der Arbeitsdauer stets die Feststellung der wirklich gearbeiteten Zeit lohnen. Nach den vorliegenden Erfahrungen steigert sich der Zeitverlust mit der Verlängerung der Arbeitsdauer.

Hier liegt ein weites Gebiet für die Arbeitswissenschaft vor, das unter den bestehenden Wirtschaftsverhältnissen von besonderer Bedeutung ist.

Der amerikanische Ingenieur Taylor hat alsdann den Zusammenhang zwischen Arbeitszeit, deren Verteilung und den sonstigen Arbeitsbedingungen klar erkannt. Er hat die Zeit in Einzelarbeitszeiten, Pausen und Ruhezeiten für jede Arbeitsleistung zerlegt und als Ergebnis überall bei gleicher Arbeitsdauer eine Steigerung der Arbeitsleistung erreicht. Die Mittel und Wege, die Taylor zur Einführung gebracht hat, sollen später eingehend behandelt werden.

2. Entlohnung.

Der Lohn für die geleistete Arbeit muß zunächst die Lebensbedürfnisse im Sinne der vorhergehenden Folgerungen decken, denn nur dann kann der Arbeiter gesund und frisch die Arbeit beginnen.

Alsdann ist es Sache des Lohnverfahrens, daß der einzelne seinen Lohn durch Fleiß, Geschicklichkeit usw. günstig beeinflussen kann. Der Anreiz zu diesem Mehrverdienst gibt dem Arbeiter Arbeitsfreude und zwingt ihn unbewußt zur Steigerung der Arbeitsleistung.

Wie schon Schlesinger[1]) betonte, ist es an und für sich gleichgültig, welches Lohnverfahren zur Anwendung gelangt. Die Hauptsache ist, daß die Grundlagen für den Aufbau des Lohnverfahrens richtig und gerecht sind. Eine nach unten abgegrenzte Arbeitsleistung, gleichmäßige und geregelte Arbeitsbedingungen sind wichtige Voraussetzungen für den Aufbau der Lohnbedingungen. Weiter können Ausbildung und Berufserfahrungen, Lebens- und Dienstalter, Schwere der Arbeit, Verantwortung und Gefährlichkeit u. a. Bedingungen für die Staffelung der Löhne berücksichtigt werden. Diese Grundlagen für das Lohnverfahren können objektiv unter Berücksichtigung aller Verhältnisse nur mit Hilfe der Arbeitsuntersuchung ermittelt werden.

Einige Beispiele über die Untersuchung verschiedener Arbeiten sollen später zeigen, wie die einzelnen Bedingungen ermittelt werden können.

Auf die Darstellung der verschiedenen Lohnverfahren kann wohl hier verzichtet werden, da diese in den bereits erwähnten Büchern von Wallichs und Seubert eingehend behandelt sind. Alle vorhandenen Lohnverfahren gehen jedoch von den absoluten Arbeitsleistungen aus,

---

[1]) Schlesinger, Technik und Wirtschaft, Heft 8, 1913.

nicht aber von der menschlichen Leistung. Es wird das Arbeitsmaß für die Leistung genau festgesetzt, nicht aber die Eignung des Arbeiters, der diese Leistung vollbringen soll. Dieser Umstand scheint wohl hauptsächlich daran die Schuld zu tragen, daß die Arbeitsleistungen der verschiedenen Leute im gleichen Berufe so grundverschieden voneinander sind, weil ihre Eignung ebenfalls stark voneinander abweicht. Je mehr daher die Eignung der Leute für die Arbeitsleistung berücksichtigt wird, um so weniger wird das Lohnverfahren selbst die Leistung beeinflussen können.

3. Arbeiterbehandlung.

Die Menschenbehandlung bei der Leitung, Beaufsichtigung und Prüfung anderer Menschen geht darauf hinaus, den Willen der anderen im Sinne des Menschenglücks, der Arbeitsleistung und Betriebssicherheit zu beeinflussen. Der Leiter der Arbeiter muß demnach darauf bedacht sein, daß sein Führungswille und der Wille des Arbeiters sich möglichst weitgehend decken. Denn ist beim Arbeiter kein Arbeitswille oder gar ein Gegenwille vorhanden, so ist eine ungenügende Arbeitsleistung die Folge hiervon. Die Führung und Leitung muß somit bewußt Rücksicht auf den Willen des Arbeiters nehmen. Es gilt hier zunächst, das Arbeitsziel klar zu entwickeln, was in möglichst sinnfälliger Weise zu erfolgen hat (vgl. Abschnitt IV, V, 4).

Es gilt weiter zu beweisen, besonders für die Unterordnung des Gegenwillens, daß der beschrittene Weg, die gewählten Mittel, die aufgestellten Grundsätze usw. richtig gewählt sind und für den Arbeiter keine Nachteile bedeuten. Im Gegenteil, es sind die persönlichen Vorteile dem Arbeiter klar vor Augen zu führen, d. h. die Führung und Leitung muß überzeugend wirken. Diese im gewöhnlichen Sprachgebrauch als Überzeugungs- oder Beeinflussungskraft bekannte Tatsache ist, wie die tägliche Beobachtung zeigt, nicht allen Menschen eigen. Für den Leiter und Führer größerer Arbeitermassen muß diese Eigenschaft unbedingt gefordert werden. Diese Eigenschaft ist besonders abhängig von der äußeren Erscheinung, dem Gesichtsausdruck, dem Körperbau, den Ausdrucksbewegungen, dem Temperament, der Sprache, dem persönlichen Ton, dem geistigen Denken und der Anpassungsfähigkeit. Nicht zuletzt aber dürfte die Einfühlungsfähigkeit in das Denken anderer Menschen von Haupteinfluß sein. Natürlich können diese Eigenschaften hier im engen Rahmen nicht alle erläutert werden. Vielmehr wollen wir uns an die Erfahrung halten, daß gewisse Menschen, ohne daß wir mit ihnen näher in Berührung gekommen sind oder erst nach längerer Berührung mit ihnen, einen anziehenden, gleichgültigen, zweifelhaften oder abstoßenden Eindruck auf uns machen. Dieser Eindruck, obwohl stark persönlich, wiederholt sich doch bei vielen

Menschen in der gleichen Form. Es scheint, daß besonders Frauen hierfür ein feineres Gefühl als Männer besitzen.

Eine auf Erfolg bedachte Geschäftsleitung wird möglichst für die Leitung und Führung von Arbeitermassen eine anziehende Persönlichkeit verwenden, denn diese Persönlichkeit hat von vornherein in der Masse etwas für sich, sie braucht nicht erst andere Mittel, um auf die Masse anziehend zu wirken. Solche Persönlichkeiten arbeiten erheblich widerstandsloser und schneller als „Gleichgültige" und „Zweifelhafte". Der Abstoßende erzeugt, ohne daß er überhaupt irgend etwas unternommen hat, einen Gegenwillen in der Masse, dessen Überwindung notwendig ist, bis überhaupt erst ein Einfluß eintritt. Beim Fehlen der bereits aufgeführten Eigenschaften wird eine Überzeugung nicht schnell möglich sein. Diese kurzen Ausführungen sollen auf die Bedeutung der Persönlichkeit bei der Führung von Arbeitern hinweisen. Die Wahl der Persönlichkeit des Führers ist demnach um so wichtiger, je größer die zu führende Masse ist.

Um hier einigermaßen eine Beurteilung der nicht erprobten Leiter (Betriebsleiter, Meister, Aufsichtsbeamte) bei der Bewerbung vornehmen zu können, dürfte es sich stets empfehlen, daß der persönliche Eindruck des sich bewerbenden Leiters von mehreren feinfühligen Personen festgestellt wird, denen die noch ungeschriebenen Gesetze über die Wirkung der Persönlichkeit bekannt sind.

Außer der Haupteigenschaft der Einfühlungsfähigkeit (Menschenkenntnis) muß dem Leiter ein natürlicher Gerechtigkeitssinn eigen sein, der durch Menschlichkeit, Güte und Tatkraft unterstützt wird. Solche Persönlichkeiten bieten die Gewähr dafür, daß Vertrauen in der Arbeiterschaft geweckt und Leistung und Stimmung günstig beeinflußt werden.

Die Anerkennung der besonderen Arbeitsleistungen, Verbesserungsvorschläge und Erfindungen durch besondere Vergütigungen sorgen dafür, daß der Arbeitswillen stets rege gehalten wird. Die weitere Sorge um leibliches und geistiges Wohl der Arbeiter durch Wohlfahrts-, Bildungs- und Geselligkeitseinrichtungen erzieht einen seßhaften Arbeiterstamm.

4. Erhaltung des Arbeitswillens.

Die beiden vorhergehenden Abschnitte haben uns gezeigt, daß außer der Verteilung der Arbeitszeit, der Entlohnung noch der Wille des Arbeiters ein ganz wesentlicher Bestandteil für die Arbeitsleistung ist. Der Arbeitswille muß mit allen Mitteln gepflegt und rege gehalten werden, was durch Belohnungen, Prämien, Ansporn des Ehrgeizes, Aussicht auf Fortkommen u. a. Mittel erreicht werden kann. Interessant sind hier einige Anwendungsbeispiele, die aus Amerika stammen.

Verschiedene Werke geben hier den Arbeitern in sinnfälliger Weise die erhaltenen Aufträge nach Menge und Lieferungszeit bekannt. Für die Verkürzung bzw. Einhaltung der Lieferfrist wird alsdann jeder Arbeiter am Auftrag mit einer Prämie beteiligt. Nach jeder Arbeitswoche wird ferner die geleistete Arbeit den Arbeitern bekannt gegeben, so daß sich jeder hiernach richten kann. Diese Art der Anspornung des Massenarbeitswillens soll sich gut bewährt haben.

In anderen Fällen hat man wieder regelrechte Wettkämpfe (Straßenbahnführer, Handwerker usw.) für die schnellsten und besten Arbeitsleistungen veranstaltet.

Der wirkliche Nutzen derartiger Wettkämpfe erscheint auf den ersten Blick als gering. Bedenkt man aber, daß wochen-, ja monatelang der Arbeitswille jedes einzelnen, der sich für die Bedingungen interessiert, hierdurch unbewußt angespornt wird, so wird man einen Nutzen nicht in Abrede stellen können. Jeder einzelne wird sich mehr in die Einzelheiten der Arbeit vertiefen, er wird nachdenken, wie es gut und schnell gemacht werden kann. Hiermit ist ein wichtiger Vorposten für den Arbeitswillen, „das Arbeitsinteresse“, erreicht; es sorgt durch stets neue Bewußtseinsverbindungen dafür, daß dem Willen nicht die Geduld ausgeht und die Arbeit nicht „langweilig“ wird. Derartige Wettkämpfe und Preisarbeiten könnten ferner durch planmäßige Befragung der beteiligten Arbeiter weiter ausgenutzt werden.

Zwar muß hier die Fragestellung der Betriebsleitung überlassen werden, damit von Anfang an der Geist in die richtigen Bahnen gelenkt wird. Derartige Fragelisten sind ebenfalls nicht neu in fortschrittlich gesinnten Betrieben. Man rühmt solchen Fragelisten eine gute Bewährung nach. Die beiden folgenden Beispiele, die aus Amerika stammen, waren für die Ausfragung von Meistern bestimmt. Sie dürften wohl auch hier von Interesse sein:

Tabelle 4.

Frageliste für die Wachhaltung der Arbeitsinteressen.

1. Was tun Sie, um Ihre Kenntnisse zu vermehren?
2. Lesen Sie regelmäßig eine gute technische Zeitschrift?
3. Wie kann die Betriebsführung Ihnen dazu behilflich sein, eine bessere Kenntnis Ihres Berufes zu erlangen?
4. Kennen Sie irgendeine Werkstatt, die in Ihrem Gewerbe besonders gute Arbeit leistet?
5. Denken Sie, daß Ihre Brauchbarkeit steigen würde, wenn man Ihnen die Erlaubnis erteilte, diese Werkstatt zu besichtigen?
6. Wenn das der Fall ist, so ersuchen Sie Ihren Vorgesetzten, diese Besichtigung bei dem Werkführer zu beantragen.

   Die Betriebsleitung kann ein Eingehen auf Ihre Wünsche nicht jederzeit gewährleisten, wird sich aber freuen, von Ihnen in dieser Beziehung

zu hören, und alles tun, um jedem Angestellten Gelegenheit zu geben, seine Geschicklichkeit und seine Verdienstmöglichkeit zu erhöhen.
7. Brauchen Sie bei irgendeinem Gegenstand noch Unterweisung?
8. Sind Sie z. B. imstande, Blaupausen schnell und richtig zu lesen?
9. Wenn Sie noch Unterweisung bedürfen, so melden Sie die Tatsache, und die Betriebsleitung wird, wenn irgend möglich, dafür sorgen, Sie der Ausbildungsarbeit, die gerade in Angriff genommen werden soll, teilhaftig werden zu lassen.

Beschäftigte sich die vorstehende Frageliste mehr mit der Ergründung der persönlichen Gedanken und Wünsche, die für die Arbeit von Bedeutung sein können, so sind doch auch derartige Befragungen für bestimmte Arbeitsvorrichtungen, Verfahren und Leistungen anwendbar, wie die Frageliste Tabelle 5 zeigt:

Tabelle 5.

1. Sind Werkzeuge und Ausrüstung die richtigen?
2. Befinden sie sich in gutem Zustand?
3. Ist alles zur Hand, sobald etwas gebraucht wird?
4. Ist von allem genügend vorhanden?
5. Sind die zu Ihrer Arbeit gebrauchten Werkzeuge und Materialien so untergebracht, daß sie bequem erreichbar sind?
6. Diese Fragen sollten Sie während der Arbeitsstunden immer beschäftigen, und Sie sollten alles daransetzen, um etwaige Mängel zu beseitigen. Viele dieser Mängel können von Ihnen allein nicht abgestellt werden. Erweist es sich als notwendig, die Hilfe anderer in Anspruch zu nehmen, so besprechen Sie die Angelegenheit mit Ihrem Vorgesetzten oder den in Frage kommenden Beamten des Stabes, wie z. B. dem Sicherheitsingenieur, Arbeitsverteiler oder Prüfmeister, oder aber bringen Sie sie auf der auch von Ihnen besuchten Zusammenkunft der Aufsichtsbeamten vor.

Wenn auch die Ergebnisse solcher Befragungen viele längst bekannte Tatsachen und wenige Verbesserungen ergeben, so ist doch immer das Interesse des einzelnen, der sich in die Arbeit vertieft, hiermit wachgerufen. Auch über die persönliche Eignung des Befragten können seine Antworten eine gute Auskunft geben, deren Tiefe oft dem vielbeschäftigten Vorgesetzten entgeht.

Außer diesen mehr praktischen Zielen dürfen die Erziehungsbestrebungen nicht vernachlässigt werden. Gründliche Berufsausbildung im Gewerbe, Weiterbildung durch Vorträge und Bücher usw. werden heute noch überall als Mittel für die Erhöhung des Interesses und der Arbeitsfreude unterschätzt. Die praktischen Wege gehen hier über Abendschulen, Vortragskurse, Vereine, Lesehallen, Fabrikschulen usw. Der Arbeiter wird so zum Nachdenken, Beobachten und Urteilen erzogen, unbewußt wird er sein Wissen und Können praktisch verwerten wollen, was er in erster Linie an seiner Arbeitsstelle tut. In ähnlichem Sinne wirken auch die Wohlfahrtseinrichtungen. Es kommen hier besonders Altersversorgungen, Speisegelegenheiten, Arbeiterwohnhäuser,

Kindergärten, Sportplätze u. a. Mittel in Betracht, um Arbeiterstamm und Nachwuchs gesund zu erhalten.

So sorgen die zuerst geschilderten Mittel für die Pflege des Arbeitswillens und Interesses, während die anderen Wege die Gesunderhaltung der Arbeitskraft anstreben.

5. Einzel- und Massenarbeit, Rhythmus und Volksstimmung.

Arbeitet eine größere Zahl von Arbeitern in einem Raume in gleicher Tätigkeit, so daß sich die Arbeiter gegenseitig sehen und beobachten können, so unterliegen sie gewissen psychischen Einflüssen der Masse, d. h. die Menschen beeinflussen sich gegenseitig unbewußt in ihren Tätigkeiten. Sind besonders noch Geräusche mit ihren Arbeiten verbunden, so tritt eine rhythmische Unterordnung des einzelnen ein (Schmiede beim Hämmern, marschierende Soldaten usw.). Diese rhythmische Gestaltung des Arbeitsverlaufes löst gewisse Gefühle der Arbeitsfreude beim einzelnen aus. Die rhythmische Gestaltung des Arbeitsvorganges ist daher ein gutes Hilfsmittel zur Steigerung der Leistung. Da der Rhythmus wohl dem organischen Wesen des Menschen entspringt, so ist der Kräfteverbrauch äußerst sparsam. Der Rhythmus sorgt ferner für das Einhalten des Zeitmaßes und macht selbst die gleichförmige Arbeit für den Arbeiter erträglich. Die Ausbildung der Arbeitsgemeinschaft bei der Massen- und Gruppenarbeit ist daher ein außerordentlich wirksames Arbeits- und Erziehungsmittel, deshalb ist im allgemeinen die Massenarbeit der Einzelarbeit überlegen. Doch der wirksamen Masse ist eine obere Grenze gesetzt, die bei Überschreitung wieder Zersetzungseinflüssen in bezug auf die Arbeit unterworfen ist. Über diese günstigsten Arbeiterzahlen bei Gruppenarbeit sind vorläufig sehr wenig Erfahrungen bekannt geworden. Gewöhnlich liegen die günstigsten Zahlen innerhalb des Bewußtseinsumfanges, d. h. ein normaler Mensch ist gewöhnlich in der Lage, 12—16 Dinge bewußt zu beobachten. Tritt alsdann eine Zunahme der Dinge ein, so entgeht sie der Beobachtung, es kann die Zunahme nicht mehr mit Sicherheit festgestellt werden.

Der Verfasser hat über den zersetzenden Einfluß größerer Massen beispielsweise folgende Beobachtung gemacht.

Bei den Massenübungen für die Ausbildung (Straßenbahnführer) der Bedienungsgriffe beobachteten früher 20—30 Führerlehrlinge die 8 übenden Lehrlinge. Nach kurzer Zeit zeigte sich, daß die beobachtenden 30 Leute sich durch Unterhaltung miteinander beschäftigten, sie achteten nicht mehr auf die Übungen der 8 Lehrlinge. Nach und nach wurde die Zahl auf 8 Beobachter erniedrigt, wobei sich keine Zersetzungserscheinungen mehr bemerkbar machten. Auf diese Weise wurde hier die günstigste Zahl für die zusehenden Lehrlinge ermittelt.

Ein anderes Beispiel für die Anwendung der Massenleitung führt Münsterberg an. In einem Betrieb, der ständig mit kleineren Feuerausbrüchen zu rechnen hatte, wurden vorzugsweise Frauen beschäftigt. Es zeigte sich nun, daß beim Ausbruch des Feuers stets eine Panik unter den Frauen ausbrach, wobei viele Verletzungen vorkamen. Hier wurde dadurch Abhilfe geschaffen, daß man einen besonders ruhigen, geistesgegenwärtigen Arbeiter im gleichen Raume beschäftigte. Beim Ausbruch des Feuers verwies dieser Mann die Frauen mit ruhiger, befehlsmäßiger Stimme und durch entsprechende Handbewegungen auf den Ausgang. Die psychologische Beeinflussung der Masse war hier so gut, daß die Arbeitsstelle von den Arbeiterinnen schnell und ohne Unfälle geräumt wurde. Ebenso macht Münsterberg auf die Masseneinwirkung bei Heeresführung, Volksreden usw. aufmerksam. Hingewiesen sei noch darauf, daß die Einflüsse der Masse besonders bei ungleichartigen Arbeitern auch hemmend auf die Leistung einwirken können (vgl. Abb. 63).

Als Masseneinflüsse haben schließlich die auftretenden politischen Strömungen einen starken Einfluß auf die Arbeitsleistung der ganzen Volksgemeinschaft. Hier liegt es in der Hand der politischen Führer, bewußt auf die Volksmassen im Sinne einer Arbeitssteigerung einzuwirken.

Die politische Zersplitterung eines Volkes bedeutet daher meistens auch eine Verminderung der Volksleistung. Diese rein politischen Einflüsse auf die Massenstimmungen und Gefühle sind von hervorragender Bedeutung für das Wirtschaftsleben, sie können die besten Arbeitseinrichtungen, Verfahren und Bedingungen auf kürzere oder längere Zeit über den Haufen werfen, weil diese letzten Endes auf dem Arbeitswillen des einzelnen aufgebaut sind. Deshalb muß den Lohnkämpfen, Streiks und sonstigen Erschütterungen des Wirtschaftslebens stets eine verminderte Arbeitsleistung vorausgehen und nachfolgen. Die hierauf von den Arbeitermassen verwendeten Kräfte gehen der Arbeitsleistung verloren.

Am Schlusse dieses Abschnittes über die äußeren Arbeitseinflüsse können wir kurz zusammenfassen, daß die Leistung des Arbeiters am günstigsten ist, wenn die Bedingungen der Umgebung, der Periodik, des täglichen Lebens und der allgemeinen Arbeitsverhältnisse für die Arbeit in richtiger Weise berücksichtigt werden. Hiermit wird die Vorbeanspruchung des Arbeiters auf ein Minimum sinken, seine Hauptkraft wird für die Arbeitsleistung nutzbringend verwertet ohne Schaden und Mehrbeanspruchung des Arbeiters.

Wie schon eingangs betont, kann die Aufzählung der Einflüsse auf Vollständigkeit keinen Anspruch erheben. Die Ausführungen hatten lediglich den Zweck, das Wesen der Arbeitsleistung in bezug auf die äußeren Verhältnisse zu zeigen.

V.

Zerlegung und Untersuchung der menschlichen Arbeitsleistung.

Die bisherigen Untersuchungen beschäftigten sich vorwiegend mit den allgemeinen Umgebungsbedingungen der Arbeit. So haben wir eine ganze Reihe von Einflüssen kennen gelernt, die, je nach Arbeitsart und persönlicher Veranlagung des Arbeiters, einen mehr oder weniger starken Einfluß auf die Leistung ausüben.

Dieser Abschnitt hat nun die Aufgabe, die Bedingungen der Arbeit selbst in bezug auf die Leistung des Arbeiters zu untersuchen. Wir müssen hier also die praktischen Arbeitsvorgänge mit den menschlichen Leistungen vergleichen, um feststellen zu können, ob die Bedingungen günstig sind. Hieraus ergibt sich, daß die abzuleitenden Untersuchungsergebnisse stets von den persönlichen Anlagen der arbeitenden Menschen abhängig sind. Sind die Arbeiter gut geeignet, so erhalten wir richtige Ergebnisse, haben wir dagegen die Arbeit von gut oder schlecht geeigneten Arbeitern ausführen lassen, so erhalten wir die Grenzwerte, vorausgesetzt, daß die gute und schlechte Eignung der Leute bekannt war und bei der Auswertung berücksichtigt wurde.

Diese Ausführungen weisen darauf hin, daß die Arbeitsleistung untrennbar mit der Arbeitseignung des Menschen verbunden ist. Die Vornahme einzelner Zeit- und Bewegungsuntersuchungen ohne gleichzeitige Untersuchung der Eignung der Arbeiter bedeutet daher nur eine Teilarbeit der Arbeitsuntersuchung. Die Arbeitsuntersuchung hat, wenn irgend möglich, restlos alle Bedingungen der Arbeit zu untersuchen, um so den größten Nutzen für Mensch und Arbeit zu erreichen.

Nach den vorstehenden Ausführungen müssen demnach in der Praxis Arbeits- und Eignungsuntersuchungen stets gemeinsam vorgenommen werden, denn nur so können die Erfahrungen der einen Untersuchung rechtzeitig für die andere berücksichtigt werden. Aus rein methodischen Gründen sehen wir hier davon ab, beide Untersuchungen gemeinsam zu behandeln, da es besonders für den auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Arbeitsforschung noch unerfahrenen Leser ein verwickeltes und daher unklares Bild geben würde. Auch wegen des Umfanges der beiden Untersuchungen sind wir gezwungen, jede für sich getrennt zu behandeln. Die Eignungsuntersuchungen werden eingehend im zweiten Bande an praktischen Beispielen erläutert werden, während die nachfolgenden Betrachtungen den reinen Arbeitsuntersuchungen gewidmet sind.

1. Vorbedingungen der Arbeitsuntersuchung.

Damit von vornherein bei den Untersuchungen eine gewisse Planmäßigkeit herrscht, müssen wir die wichtigsten Bedingungen für die Untersuchungstechnik vorausschicken.

In der Praxis handelt es sich meistens darum, bestimmte Arbeitsleistungen zu untersuchen und auf Grund der Untersuchungsergebnisse zu verbessern. Hier ist alsdann notwendig, daß die bestehenden Arbeitsverfahren nach ihren Erträgen, menschlichen Anforderungen und Beanspruchungen übersichtlich miteinander verglichen werden. Oft zeigt eine solche Übersicht der vorhandenen Bedingungen, wo die Hauptarbeit für Verbesserungen einzusetzen hat; es kann hier schon klar zutage treten, daß die Leistung von ungeeigneten Arbeitern, unzweckmäßigen Vorrichtungen oder sonstigen störenden Einwirkungen ungünstig beeinflußt wird. Nachdem so eine genügende Übersicht über die verschiedenen Arbeitsvorgänge usw. erreicht ist, Mittel und Wege für die Untersuchung und Verbesserung entworfen sind, muß noch untersucht werden, ob sich die Anwendung der arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen überhaupt lohnt und Vorteile verspricht, denn die Arbeitsuntersuchungen kosten Geld, unter Umständen sogar sehr viel Geld, und erfordern für Forschungen die Zeit von Fachleuten und Arbeitern. Weiter müssen oft Vorrichtungen, Apparate u. a. Einrichtungen neu hergestellt werden, die ebenfalls beträchtliche Mittel erfordern können. Die für die Untersuchungen aufzuwendenden Mittel müssen daher stets in einem nützlichen Verhältnis zu den voraussichtlich erreichbaren Vorteilen stehen. Erst wenn so die Wahrscheinlichkeit für die Wirtschaftlichkeit der Untersuchungen ermittelt ist, können diese durchgeführt werden.

Wird dieser Punkt der Wirtschaftlichkeit bei der Forschung nicht berücksichtigt, so können unter Umständen die Untersuchungen bei annähernd richtigen Arbeitsvorrichtungen die Arbeitsleistung verteuern, weil die Bedingungen nicht mehr wesentlich verbessert werden können; daher kann die Untersuchung von vornherein unwirtschaftlich sein. Wenn dieser Fall bei den heute meistens unvollkommen entwickelten Vorrichtungen auch sehr selten eintreten wird, so ist doch immer mit ihm zu rechnen. Auch die Arbeitsforschung muß sich dem Gesetze der Zweckmäßigkeit anpassen und fügen; selbstverständlich nur für wirtschaftliche Arbeitsvorteile, nicht aber für gesundheitliche Verbesserungen der Bedingungen, welche nach den Gesetzen der Menschlichkeit und Volkswohlfahrt zu erfolgen haben.

Nach diesen kurzen Abschweifungen von den eigentlichen Untersuchungsbedingungen kommen wir zu den Vorversuchen.

Auf Grund der abgeleiteten praktischen Erfahrungen sind neue verbesserte Bedingungen für die Arbeit abgeleitet, oder die besser erschei-

nenden Bedingungen sind vereinheitlicht und planmäßig festgelegt (siehe Abschnitt V, 25). Die einzelnen Untersuchungswege und Mittel sind ebenfalls festgelegt, wobei besonders die Ergebnisse früherer Untersuchungen zu verwerten sind.

Alsdann werden einige Vorversuche mit Arbeitern unternommen, deren praktische und psychische Eignung, wenn irgend möglich, einwandfrei von mehreren geschulten Beobachtern und durch die Eignungsuntersuchung festgestellt ist.

Die Ergebnisse der Vorversuche zeigen alsdann, ob die Mittel richtig gewählt sind; sind sie zu grob, so ergeben sie für gut und schlecht geeignete Arbeiter keine oder ungenaue Werte, also keine wesentlichen Verbesserungen. Die Versuchs- und Arbeitsverfahren müssen alsdann so verbessert oder umgeändert werden, daß sie für die Praxis brauchbare Ergebnisse liefern. Bei der Feststellung der praktischen Bewährung der untersuchten Leute auf Grund reiner persönlicher Beobachtung muß diese unter allen Umständen von mehreren geschulten Beobachtern festgestellt werden, da besonders viele Vorgesetzte (Meister usw.) auch andere Beobachtungen, die nichts mit der Arbeitsleistung zu tun haben, bei der Beurteilung zugrunde legen. Die persönliche Wirkung des Arbeiters, seine sprachliche Gewandtheit, Gefälligkeit und andere Eigenschaften, die für die betreffende Leistung an und für sich nebensächlich sind, geben bei solchen Beobachtungen oft den Ausschlag. Dieser Fehler muß daher, wenn irgend möglich, durch gute Beobachter ausgeglichen werden. Es ist leichter, nur hervorragend gute und schlechte Arbeiter auszuwählen, als gute. Unter den guten Leuten befindet sich meistens eine ganze Anzahl Arbeiter, deren Eignung als zweifelhaft bezeichnet werden kann, sie verursachen alsdann ein falsches Bild in den Ergebnissen und verschlechtern die Leistungen.

Die Anzahl der zu untersuchenden Personen ist abhängig von den Arbeitsvorgängen selbst. Zur Beurteilung müssen hier die statistischen Auswertungsmethoden herangezogen werden; sie zeigen alsdann, ob die Ergebnisse lückenlos und genau genug sind. Die hier anzuwendenden Auswertungsmethoden werden näher in Band 2 behandelt. Erwähnt sei noch, daß bei den Untersuchungen streng darauf zu achten ist, daß die festgelegten Arbeitsbedingungen eingehalten werden. Berufserfahrene Arbeiter verfallen gewöhnlich nach kurzer Zeit wieder in die eingeübte frühere Methode. Wenn es sich daher ermöglichen läßt, so sind Arbeiter zu wählen, die sich nicht an bestimmte Methoden gewöhnt haben, und für die die Arbeit neu ist (vgl. Abschnitt V, 7, Schlußsätze).

Ferner müssen alle vom festgelegten Arbeitsvorgang abweichenden Merkmale, ob sie wichtig oder unwichtig erscheinen, vom Beobachter vermerkt werden.

Das Ergebnis hat alsdann alle Beobachtungen für die Beurteilung

des neuen Verfahrens zu berücksichtigen. Es muß weiter für die Verbesserung der alten Arbeitsunterweisungen und bei der Anlernung neuer Arbeiter verwertet werden.

Auf Grund solcher erfolgreichen Untersuchungen erfolgt alsdann in der Praxis des Betriebes die Einführung der Umänderungen und Verbesserungen nach und nach.

Die zögernde Einführung ist hier mehr am Platze als die übereilte. Jeder neue Vorgang muß beim Arbeiter eingeübt sein, dann erst folgt der nächste. Ein übereiltes Vorgehen, besonders wenn die Bedingungen neu sind oder früher schon teilweise eingeführt waren, zieht wegen des Widerwillens der Leute schweren Schaden nach sich. Man darf hier die Voreingenommenheit der Menschen nie unterschätzen. Diese Voreingenommenheit muß langsam und ohne Widerwillen der Arbeiter überwunden werden. Deshalb darf auch nie viel Aufhebens von den Untersuchungen gemacht werden, da dieses meistens schadet und der Verbreitung von entstellenden Gerüchten Nahrung gibt.

Wir haben im vorstehenden einige Erfahrungen der Praxis angeführt und kommen nunmehr zur Untersuchung der Arbeit selbst.

2. Einführungsbeispiel für die Zerlegung einer einfachen Arbeitsleistung.

Mancher Leser und besonders der Praktiker ist vielleicht von der inneren Notwendigkeit der Arbeitsuntersuchung nicht ganz überzeugt, er hält die abgeleiteten Erfahrungen mehr für wissenschaftliche Spielereien, die angeblich wenig Nutzen für die Praxis haben.



Abb. 8. Versuchsanordnung für die Untersuchung der Arbeitsleistung.

Um daher von vornherein zu zeigen, daß selbst die „einfachsten" Arbeitsleistungen für ihre Verrichtung einen ziemlich verwickelten und heute noch wenig geklärten psychophysischen Verlauf beim arbeitenden Menschen nehmen, sei folgendes Beispiel angeführt:

Ein erwachsener Mensch erhält den Auftrag, die Körperhaltung nach Abb. 8 einzunehmen. Alsdann erhält er weiter die Anweisung, daß das etwa 2,15 kg schwere Gewicht vom Platz *a* nach Platz *b* so zu bewegen ist, daß der Weg und die Zeit hierbei am kürzesten ausfallen; nun hat er die Ausgangsstellung wieder einzunehmen.

Damit unser Versuchsmann einige Übung für diese Tätigkeit bekommt, lassen wir ihn 10—15 mal den Bewegungsvorgang wiederholen.

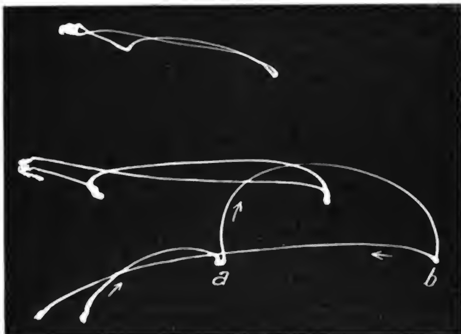


Abb. 9. Die Versuchsperson ergreift den Gegenstand, setzt ihn von *a* nach *b* und zieht die Hand zurück.

Um ein Bild von dem Bewegungsvorgang zu erhalten, haben wir den Vorgang senkrecht zur Bewegungsebene in Abb. 9 photographisch,

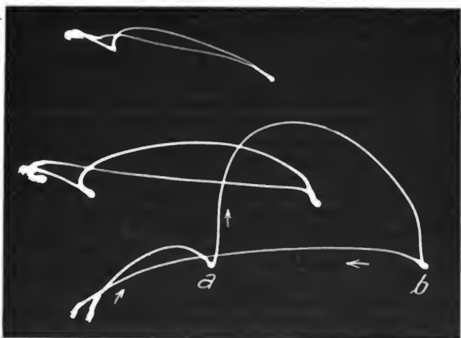


Abb. 10. Die Versuchsperson wiederholt die Bewegungen nach Abb. 8 mit einem äußerlich gleichen, jedoch erheblich leichteren Gewicht. Infolge der eingeübten Einstellung der Bewegung nach Abb. 19 schnellt die Hand beträchtlich in die Höhe.

mittels der gewöhnlichen Bewegungsphotographie (Beschreibung Abschnitt V, 15) aufgenommen. Die unteren Bewegungsbahnen gelten für das Handgelenk, die mittleren für Ellbogen und die oberen für das Schultergelenk. Die verschiedenen Bewegungsbahnen, besonders vom Ellbogen und Schultergelenk, zeigen dem Auge ganz neue Bewegungsvorgänge für diesen doch sehr einfachen Arbeitsvorgang.

Lassen wir jetzt die Bewegung von der Versuchsperson nochmals ausführen, indem wir inzwischen das erste Gewicht gegen ein äußerlich gleich aussehendes, jedoch nur 0,3 kg schweres Gewicht vertauschen, so erhalten wir die Bewegungslinien nach Abb. 10. Das Bild zeigt deutlich, daß die eigentliche Arbeitsbewegung von *a* nach *b* ganz erheblich höher und länger ausfällt, weil die innere Einstellung der Gelenke, Muskeln u. a. beteiligter Fähigkeiten für das erste Gewicht eingestellt und eingeübt war. Der Vergleich dieser beiden Bewegungsvorgänge dürfte wohl genügen, um den Beweis zu führen, daß selbst die einfachsten Arbeitsvorgänge für ihre zweckmäßigste Verrichtung gewisse geistige Einstellungen und Beanspruchungen erfordern, deren Verlauf nicht gleichgültig für die Leistung ist. Hätten wir der Versuchsperson gesagt, daß das zweite Gewicht erheblich leichter sei als das erstere, so würde sie die Bewegung gleich von vornherein anders und zweckmäßiger eingestellt haben.

Zerlegt man weiter den Bewegungsvorgang in Einzeltätigkeiten, so ergibt sich die folgende Reihenfolge:

Tabelle 6.

Zerlegung der hauptsächlichsten psychophysischen Vorgänge für die Bewegung nach Abb. 8, 9 und 10.

Arbeitsfolge	Innerer Vorgang
1	Die Versuchsperson muß zunächst den Willen aufbringen, den Auftrag zu übernehmen.
2	Das Bewußtsein überlegt auf Grund der bisherigen Erfahrung, wie der Arbeitsvorgang ausgeführt wird.
3	Die beteiligten Körperteile werden eingestellt für die Bewegung der Hand von (*c*) nach (*a*).
4	Einstellung der Hand zum Erfassen des Griffes.
5	Abschätzen des Gewichtes nach dem Tastgefühl und Augenmaß, sowie Erprobung des Hebens.
6	Einstellung der Hand und beteiligter Körperteile für die Bewegung, Kraft, Richtung von (*a*) bis (*b*).
7	Regelung der Bewegungsgeschwindigkeit der Hand und Abschätzen der Entfernung (*a*) bis (*b*).
8	Hemmen sämtlicher Bewegungen beim Niedersetzen des Gewichtes.
9	Loslassen der Hand.
10	Bewegung von (*b*) nach (*c*).
11	Hemmen der Bewegung bei (*c*).

Die einzelnen Vorgänge nach Tabelle 6 geben ein ungefähres Bild, welche Anforderungen für diesen Arbeitsvorgang an den Menschen gestellt werden. Erfordert doch bereits diese einfache Bewegung zu ihrer Verrichtung Willen, Überlegung, Bewegungseinstellung, Tast-, Gelenk-, Muskelempfindung, außerdem Augenmaß u. a. Fähigkeiten.

Bedenkt man, daß im praktischen Leben durchweg viel verwickeltere Bewegungs- und Arbeitsvorgänge vom Arbeitenden ausgeführt werden müssen, ohne daß diese meistens dem einfachen Arbeiter vorher erklärt und planmäßig eingeübt werden, so wird wohl jeder einsehen lernen, daß die zweckmäßige Verrichtung der meisten Arbeiten wesentlich durch derartige Untersuchungen vervollkommnet werden kann. Nochmals zurückkommend auf das vorstehende Beispiel; so kann mit Hilfe der Tabelle 6 festgestellt werden, daß die Versuchsperson die Einstellungen 5, 6 und 7 unzweckmäßig vollführt hat, weil die veränderten Bedingungen ihr unbekannt waren. Wir müssen uns deshalb auch kurz mit den Bewußtseinsanforderungen der Arbeit beschäftigen.

Die folgenden Ausführungen sollen der Erklärung der wichtigsten Fähigkeiten beim Arbeitsvorgang gewidmet werden.

3. Bewußtseins- oder Überlegungsarbeit.

Das angeführte einfache Beispiel, das als Teilvorgang einer Arbeitsfolge aufgefaßt werden kann, zeigt, daß äußerlich ganz einfache Arbeitsleistungen recht verwickelte innere Vorgänge zur Folge haben können. Das Beispiel zeigt weiter, daß jeder Arbeitsvorgang mit dem Arbeitswillen und der Bewußtseinseinstellung oder Überlegung beginnt. Auf die Bedeutung des Arbeitswillens für die Leistung wurde bereits an anderer Stelle hingewiesen. Er muß bei der Abwicklung des gesamten Arbeitsvorganges vorhanden sein, denn sonst läßt die Leistung sehr bald nach. Auf den Arbeitswillen des Arbeiters können wir, wie schon erwähnt, nur einen indirekten Einfluß ausüben. Der Wille muß frei sein, denn nur so vollbringt er Höchstleistungen, die weder durch Überwachung, noch durch sonstige Zwangsmittel zu erreichen sind. Die Mittel und Wege zur Erreichung des freien Arbeitswillens wurden ebenfalls an früherer Stelle kurz gestreift.

Die Überlegung für die Verrichtung einer Arbeit ist besonders von der Begabung und der bisherigen Erfahrung des Arbeiters abhängig. Die Begabung ist eine Funktion, die sich aus einer ganzen Anzahl Einzelfunktionen zusammensetzt. Besonders hängt die Begabung von der Aufmerksamkeit, dem Gedächtnis, der Kombinations- und Urteilsfähigkeit u. a. Fähigkeiten ab (s. Band 2). Während die Erfahrung wohl hauptsächlich von der Art und Weise der bisher verbrachten Zeit und der geleisteten Arbeit abhängt.

Aus der Erfahrung ist nun bekannt, daß die Überlegungsleistungen der Menschen voneinander recht verschieden sind. Was dem einen als Spielerei erscheint, ist für den anderen eine anstrengende Überlegung.

So braucht denn oft ein sonst gut geeigneter Arbeiter für die Überlegung der günstigsten Ausführungsart irgendeiner Arbeit sehr lange Zeit. Meistens umgeht er noch die Überlegung, indem er gleich mit der Arbeit an einer ihm zufällig einfach erscheinenden Stelle beginnt. Durch „Probieren“ stellt der Arbeiter alsdann fest, ob der beschrittene Weg der richtige ist. Unzählige Male wiederholt sich dieser umständliche Vorgang bei fast allen Arbeitern von der Lehre bis zur selbständigen Arbeit. Jeder ist stolz auf seine Erfahrungen und behält sie für sich. Dieser Zustand, der heute fast allgemein vorherrscht, muß als unwirtschaftlich für Arbeiter und Arbeitsleistung bezeichnet werden. Deshalb nehmen wir dem Arbeiter die Überlegungsarbeit für die eigentliche Arbeit ab; wir erleichtern hiermit die Arbeitsleistung und sorgen zugleich dafür, daß die Arbeit in der richtigsten Weise ausgeführt wird.

Dieses geschieht in der Weise, daß erfahrene und hierfür geeignete Personen jeden Arbeitsvorgang vom Anfang bis zum Ende überlegen. Und zwar jeden einzelnen Vorgang untersuchen und, wenn nötig, praktisch ausprobieren. Alle so gesammelten Erfahrungen werden alsdann schriftlich zu einer Arbeitsunterweisung zusammengestellt.

Der Arbeiter erhält nun beim Beginn der Arbeit diese Unterweisung in die Hände, er liest sich den Werdegang der Arbeit durch und vollführt die Arbeit in der vorgeschriebenen Weise.

Für Arbeiten, die sich häufig wiederholen oder von vielen Leuten ausgeführt werden, ergeben sich hierdurch ganz erhebliche Zeitersparnisse. Wenige überlegen und probieren die zweckmäßigste Ausführung der Arbeit aus und legen ihre Erfahrungen und die richtigste Ausführungsart fest. Sämtlichen anderen Arbeitern ist hierdurch die Überlegungsarbeit abgenommen. So wird die Ausführung jedes einzelnen Arbeitsvorganges dem Arbeiter in der Arbeitsunterweisung und bei Zeitarbeiten die erforderliche Arbeitszeit angegeben. Einige praktische Beispiele sollen zur Vertiefung der vorstehenden Ausführungen benutzt werden.

Die Tabelle 7 zeigt eine „Unterweisung für die Ausfertigung eines Formulars“[1]).

Wie die einzelnen Arbeitsstufen zeigen, ist der Vorgang durch diese Unterweisung einwandfrei festgelegt. Unnötiges Fragen über die Arbeit oder fehlerhafte Ausfertigung des Formulars u. a. Unklarheiten sind von Anfang an hierdurch vermieden. Der in den Betrieb neu eingestellte Arbeiter braucht nicht erst lange Erfahrungen zu sammeln und Überlegungen anzustellen, die Unterweisung gibt ihm ein für allemal klare Auskunft. So zeigt dieses der Praxis entnommene Beispiel be-

[1]) Zeitschrift „Organisation“ Nr. 8, S. 106, 21. Jahrg. 1919, Berlin.

Tabelle 7.

Beispiel für die Vereinfachung der Überlegungsarbeit für den Gebrauch eines Formulars[1]).

Unterweisung

für die gleichzeitige Benutzung der Formulare Nr. 300/1 bis 300/5, also für „Kundenaufträge für die Zentrale".

1. Lege unter Formular Nr. 300/1 einen Bogen weißes Durchschlagpapier und darunter die Formulare Nr. 300/2, 300/3, 300/4 und 300/5.
2. Lege über alle unter Formular Nr. 300/1 befindlichen Blätter je einen Blaubogen, achte aber darauf, daß derjenige, der über Formular 300/3 zu liegen kommt, oben ausgeschnitten ist und den Raum für „Lagernotizen" nicht bedeckt.
3. Spanne alles in die Maschine.
4. Schreibe Formular Nr. 300/1 *ohne* Preise heraus.
5. Nimm alles aus der Maschine.
6. Spanne Formular Nr. 300/1, 300/2 und 300/5 mit dazwischen liegenden Blaubogen wieder ein.
7. Setze in Formular Nr. 300/1 die Preise ein.
8. Nimm alles aus der Maschine.
   a) Versandvorschriften: Sind diese sehr kurz, so setze dieselben mit Kopierstift ein in Formular Nr. 300/2, 300/3, 300/4 und 300/5. Sind die Vorschriften lang, dann bedient man sich der Maschine.
   b) Bemerkungen: Sind diese sehr kurz, so setze dieselben mit Kopierstift ein in Formular Nr. 300/2, 300/3 und 300/5. Sind dieselben lang, dann bedient man sich der Maschine.
9. Versieh Formular 300/1 mit Abteilungs- und Firmastempel und mache es postfertig.
10. Formular Nr. 300/1 ist an den Besteller abzusenden.
11. Formular Nr. 300/2 bis 300/5 ist an die Zentrale zu senden.
12. Die Durchschlagskopie und die Preßkopie von Formular Nr. 300/1 kommen zu den Akten.

sonders, daß auch im Bureaubetrieb die abgeleiteten Grundsätze mit Erfolg anzuwenden sind.

Mancher wird nun einwenden, daß auch das Verstehen der schriftlichen Unterweisungen Bewußtseinsarbeit erfordert, die unter Umständen auch längere Zeit erfordern kann. In vielen Fällen ist dieses sicherlich ein Mangel derartiger Unterweisungen, den man aber mit andern Mitteln beseitigen kann. In solchen Fällen muß auf die Sinnfälligkeit der Arbeit sowohl, als auch der Unterweisung geachtet werden. Im nächsten Abschnitt sind auch hierfür einige kurze Beispiele angeführt.

4. Sinnfälligkeit der Arbeit und Unterweisung.

Die Bedeutung der Sinnfälligkeit für die menschliche Arbeitsleistung wird erst neuerdings richtig bewertet. Die Sinnfälligkeit irgendeines

[1]) Aus: Organisation Nr. 8, S. 106, 21. Jahrgang, 1919. Zeitschrift Berlin.

Gegenstandes wirkt auf unser Bewußtsein an und für sich, ohne daß besondere Erklärungen oder erhebliche Anweisungen gemacht zu werden brauchen; „es erklärt sich von selbst", sagt der Volksmund. Auf Grund der Lebenserfahrungen und gewisser Anlagen haben sich in unserem Bewußtsein Vorstellungen gebildet, die sich von selbst einstellen, wenn ein solcher sinnfälliger Gegenstand uns entgegentritt. Wir erkennen sofort seinen Gebrauch und wissen, wohin er gehört.

In anderen Fällen sind es gewisse Darbietungsformen, die sich durch ihre äußere Beschaffenheit dem Bewußtsein aufdrängen, ohne daß wir es eigentlich wollen. Derartige Gegenstände können wir nicht leicht vergessen, wir tragen sie in unserem Gedächtnis herum, ohne daß irgendwelche gewollten Beziehungen zu ihnen bestehen. Es sei hier beispielsweise an viele Reklameworte, wie „Odol", „Urbin", „Amol" u. a. erinnert, die wohl jeder Zeitungsleser oder Großstadtmensch als Gedächtnisbelastung mit sich herumträgt. Diese Reklame ist eben sinnfällig.

Genau so sinnfällig müssen wichtige Geräte an Maschinen, Signalen, Unterweisungen usw. sein, damit jeder Mensch im Gebrauchs- oder Gefahrfalle helfen und eingreifen kann.

Die sinnfällige Gestaltung der Bedienungsgeräte an Maschinen hätte wohl zunächst die natürlichen Bewegungen des Menschen zu berücksichtigen. Die Richtung der gewollten maschinellen Bewegung müßte in einem solchen Falle sich mit der ausgeführten menschlichen Bewegung decken. Der Griff, der im Gefahrfalle bedient wird, müßte durch seine äußerliche Auffälligkeit besonders hervorgehoben und stets im Sinne der Reflex- und Fluchtbewegungen bedient werden. Die Sinnfälligkeit erfordert also, daß die natürlichen oder durch Erfahrungen entwickelten menschlichen Anlagen in größtmöglichster Weise in Einklang mit den Arbeitsvorgängen zu bringen sind. In anderen Fällen, wo die innere Einstellung zu wechseln hat, kann dieses durch rechtzeitige, sinnfällige Ankündigung geschehen. So ließen sich hier noch sehr viele Beobachtungen anführen, die planmäßig gesammelt werden müssen, um aus ihnen die Gesetze der Sinnfälligkeit abzuleiten.

In Abb. 11[1]) sehen wir beispielsweise eine stehende Bohrmaschine, bei der die Bohrspindel (1) durch den Hebel (1) in der angedeuteten Richtung bewegt wird. Maschinelle und menschliche Bewegung stimmen hier überein — bei allen einfachen Zug- und Druckbewegungen läßt sich dieses meistens einfach erreichen.

Bei der Bewegung des Bohrtisches (4) durch die drehbare Handkurbel (4) ist dagegen nur noch eine Bewegungshälfte sinnfällig. Für die

[1]) Festlegung der Bewegungen erfolgte nach den Untersuchungen des Normenausschusses für Sinnfälligkeit; siehe Zeitschrift „Betrieb", Heft 12, 1919.

Aufwärtsbewegung ist das Ziehen der Handkurbel nach oben sinnfällig, dagegen steht das Drücken der Kurbel nach unten (für die andere Bewegungshälfte) in Widerspruch mit der maschinellen Bewegung des Bohrtisches. Die Kurbel bewegt sich hier nach unten, während der Tisch nach oben geht. Es wäre in diesem Falle zu erwägen, ob man nicht nur eine Hälfte (180°) für die Bewegung der Kurbel benutzt, dann ist vollkommene Sinnfälligkeit vorhanden.

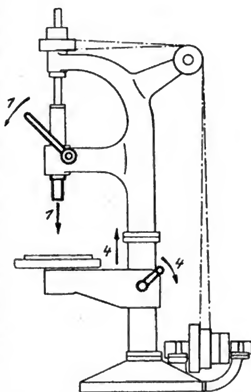


Abb. 11. Sinnfälligkeit der Bedienungsbewegungen für eine Bohrmaschine.

Die Praxis verstößt heute noch in vielen Fällen gegen die Gesetze der Sinnfälligkeit. Da sind Hausklingeln, die man im Gebrauchsfalle mit der Laterne suchen muß. In den Verkehrsmitteln z. B. die „Notbremsgriffe", deren Ort beim besten Willen erst gesucht werden muß. Im Gebrauchsfalle vergehen hierdurch kostbare Sekunden. Dagegen behalten wir das dicht neben dem „Notbremsgriff" sitzende Reklameplakat wegen seiner Sinnfälligkeit. So ließen sich noch sehr viele praktische Beispiele anführen, die durchaus nicht nebensächlich für unser Wohlbefinden und unsere Sicherheit sind.

Ebenfalls kann die Sinnfälligkeit bei der Anlernung neuer Leute mit großem Erfolge benutzt werden. Hierfür kann das natürliche Vorführen der Bewegungsvorgänge in Verbindung mit sinnfälligen, bildlichen Darstellungen angewandt werden. Die Bewegungen sehen wir nicht nur sehr schlecht, sondern wir vergessen sie auch sehr bald. Ein Bild dagegen, das die verschiedenen Zwischenstellungen der Glieder oder des Körpers festhält, steht uns immer vor Augen; man kann jederzeit vergleichen, ob die Stellung die richtige ist usw. In Abb. 12 ist ein Bild von einer bestimmten Bedienungsstellung des Führers gezeigt. Die Stellung der einzelnen Glieder ist durch besondere weiße Streifen auffällig dargestellt. Dem neuen Führerlehrling zeigen wir derartige Bilder bei der Ausbildung, er merkt sich die Stellungen und versucht sie nachzumachen. Die schriftliche und mündliche Anweisung wird durch derartige bildliche Darstellungen wesentlich vereinfacht, den Leuten wird die Auffassung erleichtert, sie können Vergessenes durch einen Blick nachholen und andere Vorteile bieten diese Unterweisungen bei der Ausbildung. Um auch zu zeigen, daß selbst verwickelte und aus

vielen Einzelvorgängen zusammengesetzte Arbeitsvorgänge der sinnfälligen Darstellung zugänglich sind, soll ein der Praxis entnommenes Beispiel einer „Montagearbeit“ vorgeführt werden.



Abb. 12. Ein sinnfälliges Bild für die Unterweisung und Anlernung von Straßenbahnführern. (Das Bild zeigt die Bedienungsstellung des Führers während der Fahrt bei der elektrischen Bremse.)

Die Einzelbilder der Abb. 13—24 stellen den Arbeitsvorgang für den Zusammenbau von Bureauschränken dar. Kurze schriftliche Erläuterungen begleiten jedes Bild (vgl. Tabelle 8). Die Herstellfirma[1]) hat hier in richtiger Erkenntnis der Dinge die Überlegungsarbeit dem Käufer erspart. Er braucht nicht erst lange zu probieren und überlegen, sondern er ist an Hand dieser Anweisung sofort in der Lage, den Schrank zusammenzubauen und schnell in Gebrauch zu nehmen. Es handelt sich bei der vorstehenden Arbeit um eine Leistung, die von jedem Käufer ausgeführt werden muß. Die einmalige Ausarbeitung dieser Arbeitsanweisung erspart daher vielen Leuten die Arbeit der Überlegung und hiermit kostbare Zeit.

In der Tabelle 8 ist dieser Arbeitsvorgang nochmals in schriftlicher Form wiederholt, so daß durch Vergleich der beiden Anweisungen die Vorzüge der sinnfälligen Darstellung klar zu Tage treten. Ein weiteres Beispiel über die Ersparung der Überlegungsarbeit durch sinnfällige Arbeitsunterweisungen zeigt Abb. 25[2]). Das Bild gibt dem Buchhalter an, wie er die einzelnen Posten zu buchen hat. Die einzelnen Buch-

[1]) Registraturschrank der Firma Grünewald, Registrator Co., Berlin NW 7.
[2]) Zeitschrift „Organisation“ Nr. 5 u. 6, 1920, Berlin.



Abb. 13. Arbeitsziel.

Abb. 13 bis 19.
Beispiel für eine sinnfällige Arbeitsunterweisung für den Zusammenbau von Bureauschränken.
(Eingeführt in der Firma Grünwald, Registrator Co., Berlin NW 7.)

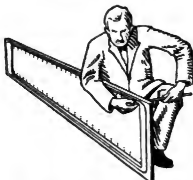


Abb. 14. Einsetzen der Stangen in eine Seitenwand.

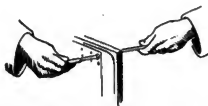


Abb. 15. Festziehen der Schrauben.

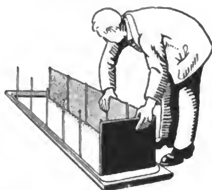


Abb. 16. Einsetzen von Rückwand und Deckboden.

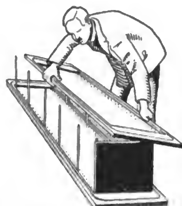


Abb. 17. Aufpassen der zweiten Seitenwand.

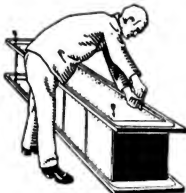


Abb. 18. Festziehen aller hinteren Schrauben und vorderen Eckschrauben.



Abb. 19. Umdrehung des Baues und Einführen der Rolladen.

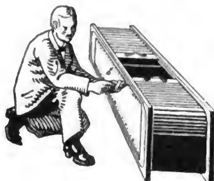


Abb. 20. Festziehen aller Schrauben.

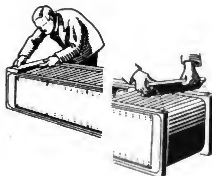


Abb. 21. Einsetzen von Sockel und Gesimse.



Abb. 22. Aufrichten des Schrankes. Anbringen weiterer Schrankwände.



Abb. 23. Anbringen der Paradewände.

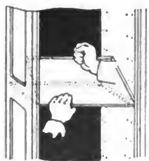


Abb. 24. Einsetzen der Zwischenböden.

Tabelle 8.

Beispiel für eine schriftliche Arbeitsunterweisung.
Der in den Abb. 13 bis 24 behandelte Arbeitsvorgang ist hier nochmals in schriftlicher Form festgelegt.

Unterweisung für den Zusammenbau von Bureauschränken

Arbeitsstufe	Bauteil, Werkzeug	Abbildung	Zeit
A. Vorbereitung:			
1 Durchlesen der gesamten Unterweisung			
2 Verteilen der Bauteile		13	
3 Verteilen der Werkzeuge und Hilfsmittel			
B. Arbeitsvorgang:			
1 Seitenwand bereit legen	Seitenwand (*a* 1)		
2 Einsetzen der Stangen a) Quarteinteilung jedes 5. Loch b) Folioeinteilung jedes 6. Loch	Stange (*c*)	14	$m \cdot x \cdot t$
3 Festziehen der Schrauben	Schraubenzieher x Schraubenmuttern y/x	15	$m \cdot x \cdot t$
4 Einsetzen der Rückwand zwischen Stangen und Leisten	Rückwand (*b*)	16	
5 Einsetzen des Deckbodens zwischen Stange und Kopfstück	Deckboden (*d*)	16	
6 Aufpassen der Seitenwand	Seitenwand (*a* 2)	17	
7 Festziehen der Schrauben 1. alle in der hinteren Wand 2. Eckschrauben in der vorderen Wand	Schraubenzieher x Schraubenmuttern y/x	18	$z \cdot x \cdot t$
8 Umdrehen des Baues, Rückwand nach unten			
9 Einführen der Rolladen, Seitenwände hierfür leicht auseinander drücken	Rollade (*e*)	19	
10 Festziehen aller Schrauben	Schraubenzieher x Schraubenmuttern y/x	20	$m \cdot x \cdot t$
11 Einsetzen des Sockelstücks am Fußende (Schiebesitz)	Sockelstück (*f*)	21	
12 Einsetzen des Gesimsestücks am Kopfende (Schiebesitz)	Gesimsestück (*g*)	21	
13 Aufrichten des Schrankes			
14 Anbau weiterer Schränke nach Unterweisung A 2—3, B 1—12		22	
15 Anbringen der Paradewand a) an der Anfangswand b) an der Schlußwand	Paradewand (*h*)	22	
16 Anziehen der Schrauben vom Schrankinnern	Schraubenzieher x Schrauben y/x	23	$v \cdot x \cdot t$

(Fortsetzung von Tabelle 8.)

Unterweisung für den Zusammenbau von Bureauschränken			
Arbeitsstufe	Bauteil, Werkzeug	Abbildung	Zeit
17 Einsetzen der Zwischenböden	Zwischenboden (*i*)	24	$m \cdot x \cdot t$
1. Einführen des Bodens in schiefer Haltung,			
2. Durch leichten Faustschlag in richtige Lage bringen			$n \cdot x \cdot t$
C. Aufräumen:			
18 Gesamtzeit für 1 Schrank			
19 Zuschlagzeit			
20 Gesamtzeit			

staben bedeuten (mnemotechnische) Abkürzungen der Einzelkonten im Buchhaltungsplan:

B bedeutet z. B. Bestand,
L = Lagerware,
M = Magazinbestand usw.

Die Anführung der verschiedenen praktischen Beispiele, wie die Überlegungsarbeiten dem Arbeiter zu vereinfachen sind, haben wohl deutlich gezeigt, daß die Unterweisungen überall mit Erfolg eingeführt werden können.

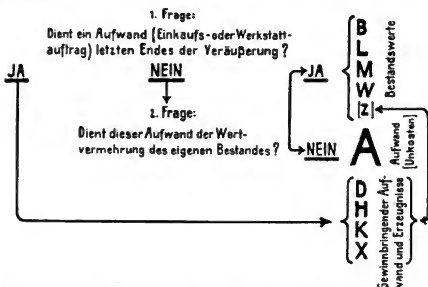


Abb. 25. Wie wird kontiert? Sinnfällige Darstellung der Überlegungsarbeit für diesen Vorgang.

Eine noch weitgehendere Unterstützung der Arbeitsunterweisungen könnte man durch Anwendung der Kinematographie erreichen. Hier müßten, wie es ja teilweise in Schulen schon geschehen ist, Lehrfilme für die verschiedenen Tätigkeiten ausgearbeitet und dem Neuling vor-

geführt werden. Man denke sich beispielsweise die Übertragung dieser Gedanken auf die Lehrlingsausbildung, auf Anlernung und Weiterbildung von Arbeitern u. a. Tätigkeiten; welche Unmengen sich ständig wiederholender Arbeitsvorgänge könnten auf diese Weise vereinfacht und günstiger gestaltet werden!

Außer der Vereinfachung der Bewußtseinsarbeit muß danach getrachtet werden, die Bewußtseinsfähigkeiten nicht durch Nebeneinflüsse zu stören. Der folgende Abschnitt wird sich deshalb mit der Arbeitsstörung beschäftigen.

5. Arbeitsstörungen.

Der Arbeitsvorgang wird selten ganz frei von psychophysischen Störungen sein, weil die technische Beseitigung dieser Störungen die Wirtschaftlichkeit in Frage stellen würde. Immerhin müssen wir doch bestrebt sein, die Störungen auf ein Mindestmaß zu begrenzen bzw. herabzusetzen. Da sind zunächst die Maschinen- und Arbeitsgeräusche, die das Gehör dauernd beanspruchen, ermüden und nach und nach für feinere Gehörsreize unempfindlich machen (Harthörigkeit). Deshalb wäre es wichtig, daß die Arbeitswissenschaft hier das noch zulässige Geräusch, welches ohne Schaden für die Gesundheit des Arbeitenden ertragen wird, festlegt. Für stärkere Geräusche könnte man vielleicht künstliche Schutzmittel, wie wir sie ähnlich bei zu starkem Licht benutzen, zur Anwendung bringen. Die starken Geräusche beeinträchtigen ferner die Erkennung von Störungen, die sich durch schwächere Geräusche bemerkbar machen.

Außerdem müssen hier noch die optischen Störungen erwähnt werden. Befindet sich z. B. ein Arbeitsstand an einem Wege, der von Leuten oder sonstigen Gegenständen belebt wird, so wird der Arbeiter durch diese wechselnden Bewegungsbilder in seiner Arbeit gestört; er wird von Zeit zu Zeit durch den vorbeifahrenden Gegenstand abgelenkt und infolgedessen wird seine Arbeit kurz unterbrochen. Deshalb muß in einem solchen Falle die Aussicht verdeckt werden (Schalter, undurchsichtige Fenster u. dgl.).

Ebenfalls können die von bewegten Maschinenmassen herrührenden Zitterbewegungen des Arbeitsplatzes, wenn sie ein bestimmtes Maß überschreiten, als Störung aufgefaßt werden. So sollen beispielsweise in Spinnereien die Zitterbewegungen des Bodens die Arbeitsleistung derartig beeinflußt haben, daß die Leistung der in den oberen Stockwerken Arbeitenden geringer war, als diejenige der in den unteren Stockwerken beschäftigten Arbeiter. Ferner beanspruchen die taktilen Störungen beim stehenden Arbeiter die Gesundheit der Beine. Krampfadern und Plattfüße werden durch diese Einwirkungen verschlimmert und auch wohl entwickelt.

Um den größten Nutzen bei der menschlichen Arbeitsleistung zu erreichen, ist es also notwendig, die Störungsbedingungen auf ein gesundheitlich noch zulässiges Mindestmaß zu beschränken.

Nach der kurzen Anführung einiger wichtiger Störungen wird sich der nächste Abschnitt mit den Arbeitsbewegungen zu beschäftigen haben.

6. Arbeitsbewegungen.

Nach der Überlegung werden vom Arbeiter die verschiedenen Arbeitsbewegungen ausgeführt. Diese Bewegungen müssen innerlich eingestellt werden, damit der räumliche, zeitliche, dynamisch-statische Verlauf und auch die Beanspruchung des Körpers und der Seele in der richtigen Weise sich vollziehen. Bereits im Einführungsbeispiel haben wir gesehen, daß die Einstellung auch bei den einfachsten Bewegungen richtig bemessen sein muß. Von Natur aus sind nun nicht alle Bewegungsformen für die verschiedenen Glieder gleich günstig. Deshalb dürfte die Anführung der wichtigsten Erfahrungen auf diesem Gebiete für die Arbeitsforschung und auch für den praktischen Betrieb von Nutzen sein.

Die Einstellung der Bewegungen erfolgt vom Gehirn, Rückenmark und Gleichgewichtsorgan; Gesicht, Haut, Muskeln, Gelenke, Sehnen und Knochen geben wohl hauptsächlich den Anlaß für die Größe der Einstellung der gewollten Bewegung. Hier hat sich gezeigt, daß die Einstellzeit — Reaktionszeit — bei den verschiedenen Menschen für die verschiedenen Glieder und Vorgänge recht verschieden ausfällt. Im täglichen Leben bezeichnet man die Leute inbezug auf die Einstellung mit „langsam" oder „geistesgegenwärtig". Bei der Auswahl der Arbeiter für verschiedene Arbeiten ist dieser Umstand wohl zu berücksichtigen. Gefahren und Unglücksfälle, die der schnell reagierende Mensch richtig vermeiden kann, hängen oft von Bruchteilen der Sekunde ab.

Die Einstellung der verschiedenen Gliedmaßen erfordert um so längere Zeit, je größer die einzustellenden Muskeln, Gelenke usw. und je größer Bewegungen und Kräfte sind.

Die schnellen Bewegungen werden daher am zweckmäßigsten von den kleinen Gliedern (Fingern) ausgeführt. Die Beanspruchung und Nachwirkung soll ebenfalls für kleine Glieder geringer sein als für große; also der kleine Muskel erholt sich schneller als der große. Ferner nimmt die Einstellzeit mit der Anzahl der gleichzeitig oder nacheinander auszuführenden Bewegungen zu. Wo schnelle Bedienungen auszuführen sind, sind daher nur wenige Hebel mit einfachen Griffen anzuordnen. Da die Schnelligkeit der Einstellung etwas rein Persönliches ist, so sind jedem Menschen Gren-

zen gezogen, über die der festeste Wille, und meistens auch lange Übungszeiten, nicht hinweghelfen. Besonders gilt dieses für die sog. Mehrfachbewegungen, wo mehrere Gliedmaßen und Bedienungsmittel gleichzeitig oder nacheinander einzustellen und zu bewegen sind. Der Verfasser hat hier festgestellt, daß selbst die wochenlange Übung an der Einstellfähigkeit wenig oder gar nichts ändert. Der „schwerfällig Einstellende" bleibt relativ immer im Rückstand, er arbeitet erheblich langsamer und vergreift sich häufiger als der Geeignete. Auch aus diesem Grunde muß möglichst auf Einfachheit der Bedienungsgeräte gesehen werden, da mit der Zahl der Bedienungsmittel nicht nur die Anforderungen an den Menschen steigen, sondern auch die Fehlermöglichkeiten durch „Vergreifen" ganz erheblich zunehmen.

Plötzliche Änderung der Bewegungsrichtung oder Aufhören sehr kräftiger Massenbewegungen sind ebenfalls für den Körper unzweckmäßig. Wenn irgend möglich, müssen die Bewegungen daher rhythmisch angeordnet werden, was für den Verlauf am günstigsten ist. Beim gleichzeitigen Bewegen gleicher Gliedmaßen sind die Arbeitsbewegungen möglichst symmetrisch zu gestalten. Zu erwähnen ist schließlich noch, daß die Bewegungen, die für uns sichtbar sind, genauer verlaufen, als die unsichtbaren. Die Wiederholung einer bestimmten Bewegung in der gleichen Weise vermindert nach und nach die Einstelltätigkeit. Nach einer gewissen Anzahl von Wiederholung entritt gewöhnlich ein Zustand ein, wo die Bewegung fast ohne Bewußtseinsarbeit ausgeführt wird. Dieser Zustand der Übungsfähigkeit ist für die praktische Arbeitsleistung von erheblicher Bedeutung. An anderer Stelle (Abschnitt V, 5) werden wir uns daher noch eingehend mit der Übung zu beschäftigen haben.

Hatten wir bisher von den gewollten Bewegungen gesprochen, so sollen jetzt die ungewollten oder Reflexbewegungen noch kurz erklärt werden. Die Reflexbewegungen gehen ohne unseren Willen vor sich, sie werden direkt durch den Reiz ausgelöst. In den Gefahrfällen, und wo die Bewegungen sehr schnell ausgeführt werden müssen, sind die Reflexbewegungen besonders wichtig. Die Bedienungsbewegung muß deshalb in solchen Fällen möglichst im Sinne der Reflexbewegung ausgeführt werden. Im allgemeinen wendet sich unser Körper von der Gefahr ab, die Arme vollführen in den meisten Fällen Zugbewegungen usw. Daher muß bei der Anordnung der Bedienungsstände von Maschinenanlagen und Fahrzeugen von vornherein Rücksicht auf diese menschlichen Eigenarten genommen werden, denn nur so kann die beste Anpassung der Bedienung an den Menschen erreicht, und nur so können die Gefahren schnell beseitigt und Unfälle vermieden werden.

Auf dem Gebiete der Bewegungseinstellung ist noch sehr viel Arbeit zu leisten, bis die wichtigsten Gesetze erkannt und gesammelt sind. Vorläufig sind wir noch gezwungen, von Fall zu Fall die Anordnung der Arbeitsbewegungen und Bedienungsmittel zu untersuchen, um so die günstigste Bewegungsform bestimmen zu können.

In der Praxis wird gewöhnlich die Aufgabe zu lösen sein, welche von mehreren technisch gleichwertigen Arbeitsbewegungen oder Bedienungsanordnungen für den Menschen die günstigste ist. Setzen wir den Fall, daß bei einem Bedienungsstand die technische Möglichkeit vorhanden ist, 3 Bedienungshebel so anzuordnen, daß hiervon die linke oder rechte Hand 2 und die übrigbleibende Hand den 3. Hebel bedienen kann. Hier ist also die Frage zu lösen, ob es für den Menschen günstiger ist, daß die beiden Hebel von der linken oder rechten Hand bedient werden.

Der Verfasser hat hierfür Versuche angestellt, indem etwa 100 Leuten die verschiedenen Bedienungen längere Zeit eingeübt wurden. Die hierbei gemachten Fehler, sowie die gebrauchte Zeit, dienten zur Beurteilung der verschiedenen Anordnungen. Es ergab sich bei diesen Versuchen einwandfrei, daß es in diesem Falle für den bedienenden Menschen erheblich günstiger ist, die beiden Hebel mit der rechten Hand und den letzten Hebel mit der linken Hand zu bedienen. Das Verhältnis der günstigen Anordnung zur umgekehrten Anordnung war etwa 1 : 6, d. h. es wurden bei der Hebelanordnung 2 links, 1 rechts, 6 mal so viel Fehler gemacht, als bei der günstigeren Anordnung (2 rechts, 1 links).

Der Bewegungseinstellung muß in der Praxis die größte Aufmerksamkeit bei der Wahl der Arbeitsbewegungen und Anordnung der Bedienungsmittel geschenkt werden, da, wie unser Beispiel zeigt, ohne Schuld des Arbeiters die Arbeitsleistung oft einfach durch unzweckmäßige Anordnungen der Bedienungsmittel verschlechtert werden kann. Die folgenden Betrachtungen werden sich deshalb eingehend mit den verschiedenen Merkmalen der Arbeitsbewegungen zu beschäftigen haben.

7. Räumlicher Bewegungsverlauf.

Der räumliche Verlauf einer Bewegung ist außer von den bereits angeführten Faktoren noch vom Augenmaß, den Tast- und Lageempfindungen und bei großen, kräftigen Bewegungen noch vom Gleichgewicht abhängig. Bei der Handarbeit ist der räumliche Verlauf des Arbeitsvorganges ausschlaggebend für die Güte und Menge der Arbeitsleistung. Doch ist dieses nicht so aufzufassen, daß der kürzeste Weg auch immer der günstigste ist. Es mag dieses in vielen Fällen der Fall sein, doch die Regel ist es nicht. Oft beansprucht die äußerlich erreichte Wegverkürzung ganz ungeübte Muskeln, die infolgedessen die Bewegung bei gleicher Zeit nur ungenauer oder aber langsamer verrichten können.

Für die Güte der Arbeitsleistung ist das Augenmaß und Tastgefühl von Bedeutung. Wo es sich um Treff-, Paß- und sonstige genaue Bewegungen handelt, schätzt das Auge die Entfernungen und gibt im Laufe des Bewegungsvorganges den Gliedern die Zuordnungssignale. Das Augenmaß ist deshalb der Bewegung zugeordnet. Für feine Bewegungen müssen daher gute Sehbedingungen vorhanden sein.

Außerdem sind die optischen Täuschungsbedingungen, die besonders durch gekröpfte, gebrochene, schräggerichtete und sonst unsymmetrisch geformte Bedienungsmittel entstehen können, bei der Wahl der Arbeitsmittel zu vermeiden. Diese Bedingungen täuschen das Auge, es entstehen hierdurch besonders im Anfang für den Neuling Einstellungsfehler, die später die Übung und Gewöhnung mehr oder weniger wieder beseitigt.

Außerdem regelt das Tastgefühl den Verlauf der Bewegungen. Es gibt uns wohl zuerst über die Größe des sich bietenden Widerstandes, der Oberflächenbeschaffenheit usw. Nachricht. Das Tastgefühl ist nun recht verschieden an den einzelnen Hautstellen entwickelt. Die Fingerkuppen weisen wohl die feinsten Tastempfindungen auf. Bei der Wahl der Angriffsstellen der Werkzeuggriffe, Bedienungsmittel usw. muß das Tastgefühl vollauf berücksichtigt werden. Aber nicht nur die Angriffsstelle am Körper, sondern auch die Form des Angriffspunktes hat einen Einfluß auf die Tastempfindungen. Aus diesem Grunde ist es nicht gleichgültig, welche Formen, Größen, Oberflächenbeschaffenheit und Wärmeleitungsfähigkeit die Angriffsmittel der Bedienungsgeräte haben. Ferner ist für den Tastsinn der höchstzulässige Hautdruck und das Wärmeleitungsvermögen der Berührungsstelle von nicht zu unterschätzender Bedeutung für das richtige Tastgefühl. Es hat sich beispielsweise ergeben, daß bei 20—50 g/mm² Hautdruck ein Schmerzgefühl einsetzt. Ebenso ist dieses bei hoher (+50° C) und niedriger (—12° C) Temperatur des Angriffsgegenstandes der Fall. Hierdurch können z. B. kalte Eisengriffe an Bedienungsmitteln über die Größe des auftretenden Druckwiderstandes hinwegtäuschen; es tritt hier gewöhnlich eine Überschätzung ein. In anderen Fällen führen wieder zu dünne Handgriffe, mit kalten Angriffsflächen ein vorzeitiges Auftreten des Schmerzgefühls herbei.

Bisher geschah die Formgebung der Bedienungsgriffe wohl mehr nach technischen Gesichtspunkten. Die Herstellungsmöglichkeiten waren entscheidend für diese; oft waren auch die im Zeichenbureau vorhandenen Hilfsmittel (Lineal, Winkel usw.) für irgendeine Form maßgebend.

Die Arbeitsuntersuchung muß hier unter allen Umständen Wandel schaffen, denn ein Gerät, das der Arbeiter täglich stundenlang in Händen

hält, oder ein Griff, der täglich von sehr vielen Leuten angefaßt wird, muß richtig bemessen sein. Die Ausgestaltung darf daher nicht nebensächlich gehandhabt werden oder einfach dem Zufall überlassen werden.

Wie wichtig der Angriffspunkt des Gerätes in bezug auf die Arbeitsleistung ist, zeigt folgendes Beispiel:

Die Mutter einer kleinen Schraube soll festgeschraubt werden. Ein passender Schlüssel ist augenblicklich hierfür nicht zur Hand, daher nimmt der Arbeiter einen viel zu großen Schraubenschlüssel. Die Schraube wird angezogen, infolge der ungewohnten und unnatürlichen Widerstandswahrnehmungen wird das Gewinde übergedreht. Hätte der Arbeiter den richtigen Schlüssel zur Hand gehabt, so wäre dieser Fehler keineswegs geschehen. So wird auch hier vielfach der Mensch für den Fehler verantwortlich gemacht, während in Wirklichkeit die Ursache in der ungünstigen Ausbildung des Werkzeuges oder Bedienungsmittels liegt.

Die angeblichen „Universalgeräte" dürften besonders schweren Schaden anrichten. So sieht man häufig dünne Handgriffe, die für leichte und schwere Kisten verwendet werden, weil sie angeblich „normalisiert" sind. Das vorzeitige Eintreten des Schmerzgefühles sorgt in diesem Falle dafür, daß die Träger durch häufiges Ausruhen die Ersparnisse einer solchen „Normalisierung" über den Haufen werfen. Auch die Normalisierung hat sich organisch einzufügen und anzupassen, das ist eine ihrer Hauptaufgaben.

Ein praktisches Beispiel mag die natürliche Ausbildung des Angriffspunktes einer Kurbel veranschaulichen. Für diesen Zweck wählen wir die sogenannte „Fahrkurbel" des Straßenbahnführers. Eine Kurbel, welche dazu dient, die Fahrt und das Bremsen des Straßenbahnwagens zu regeln. Sie wird vom Führer bei stehender Körperhaltung durch horizontale Drehbewegungen bedient. Der Führer hält diese Kurbel täglich 7—8 Stunden, meist ununterbrochen, in seiner Hand, sowohl in der Sommerhitze, als auch bei der winterlichen Kälte (Handschuhe). Es handelt sich also um ein Gerät, dessen Gestaltung sich wohl für eine Arbeitsuntersuchung lohnt.

Die Notwendigkeit dieser Untersuchung wird ferner durch die vielen vorhandenen voneinander abweichenden Kurbelformen, und besonders Bedienungsformen, als dringend erforderlich angesehen. Die Führer haben sich hier eine ganze Reihe verschiedener Bedienungsformen ausgebildet, die durchaus nicht gleichgültig für die Verkehrssicherheit und Wirtschaftlichkeit des Betriebes sind. Zugleich aber beweisen diese Bedienungsformen, daß die vorhandenen Kurbelformen nicht als die günstigsten angesprochen werden können, denn sonst würde jeweils nur eine günstige Bedienungsform bestehen.

In Abb. 26 sehen wir oben 2 voneinander abweichende gebräuch-

liche Kurbelgrifformen. Die Kurbel (rechts) gestattet sowohl ein Angreifen der Hand von oben, als auch von der Seite. Während der sogenannte Kegelgriff (links) weder ein richtiges Angreifen von oben, noch von der Seite gestattet; er bietet lediglich die besten technischen Herstellungsmöglichkeiten.

Da sowohl ein Angreifen von oben, als auch von der Seite gebräuchlich ist, so hat der Verfasser zunächst eine Untersuchung angestellt, welche Form hiervon am günstigsten ist. Es handelt sich bei der Bedienung um die Ausführung von Treffbewegungen. Die günstigste Angriffsform ist also diejenige, die die größte Treffsicherheit und geringste Führerbeanspruchung aufzuweisen hat.



Abb. 26. Die Ermittlung der natürlichen Grifform eines Bedienungsmittels. Die unteren vier Griffe wurden von Arbeitern geformt.

Die hierfür angestellten Untersuchungen und praktischen Beobachtungen haben ergeben, daß das Angreifen der Kurbel von oben (vgl. Abb. 26, Hand links) als am günstigsten anzusehen ist. Die Ausbildung der Grifform kommt also nur für diese Bedienungsart in Betracht. Für die Bedienung der Kurbel kommen Männer in allen Körpergrößen in Betracht. Wir wählen daher als Versuchspersonen geeignete Straßenbahnführer, die von kleiner, mittlerer, großer und ganz großer Figur sind. Diesen Leuten sagen wir, daß es sich bei dem Versuch um die Ermittlung der günstigsten, bequemsten Kurbelform handelt.

Der Versuch wurde nun so angestellt, daß runde Holzkörper mit nicht zu klebrigem Firniskitt belegt wurden. Dieser Griff wurde alsdann auf die Kurbel gesetzt, und der Fahrschalter in der üblichen Weise bedient. Hierbei formten sich die Griffe gemäß der natürlichen Beanspruchung der Gliederteile und dem Tastgefühl der Versuchsperson. In Abb. 26 sehen wir unten einige von den so erhaltenen besonderen Formen.

Die entstandenen natürlichen Formen unterscheiden sich von den bisherigen dadurch, daß sie größer und von anderer Form sind. Die

einzelnen Abbildungen der Formen lassen erkennen, daß sie alle zu einer gemeinsamen Grundform gehören, die sich nur durch ihre Größe unterscheidet. Als Normalkurbelgriff wählen wir eine mittlere Größe, die ein gutes Angreifen von oben mit und ohne Handschuh gestattet. Diese Grifform übergeben wir alsdann probeweise dem Betrieb und warten alsdann das Urteil der Führer ab, die uns noch mancherlei Fingerzeige



Abb. 27.



Abb. 28. Die natürliche Gestaltung eines Hammerstieles, welcher von einem Feilenhauer 21 Jahre bei der Arbeit benutzt wurde.

für die weitere Verbesserung geben können. Dieses Beispiel zeigt, mit wie einfachen Mitteln oft Verbesserungen der Geräte erreicht werden können, und welche Mittel hierzu anzuwenden sind.

In anderen Fällen kann die Anpassung des Gerätes auch aus den vorhandenen Geräten, die sich durch jahrelange Berufstätigkeit dem Arbeiter und der Arbeit angepaßt haben, erfolgen. Wir sehen beispielsweise in Abb. 27 u. 28 einen Hammer, den ein Feilenhauer[1]) zum Aufhauen der Feilen 21 Jahre hindurch benutzt hat. Der aus Holz gefertigte

[1]) „Hanomag" Nachrichten, Hannover 1914.

Stiel hat sich infolge der dauernden gleichförmigen Arbeitsbeanspruchung den Tastgefühlen der Hand angepaßt.

Hier hat die 21 jährige Berufsarbeit sich selbsttätig die natürliche Geräteform geschaffen, aus der sehr wertvolle Erfahrungen abgeleitet werden können.

Die Abb. 28 kann zugleich als praktischer Beweis für die abgeleiteten Schlüsse gelten.

Nach diesen Einflüssen des Gesichts- und Tastsinnes sollen noch einige allgemeine Erfahrungen über den räumlichen Verlauf der Bewegung angeführt werden.

Für die Genauigkeit der Bewegung ist die Gelenkempfindlichkeit nicht ohne Einfluß. Hier liegt die Empfindungsgrenze für die verschiedenen Gelenke etwa zwischen 0,3—1,8° Winkelweite der bewegten Glieder. Bewegungen der Glieder unterhalb dieser Winkelweiten werden nach den bisherigen Erfahrungen nicht sicher wahrgenommen. Bei den Feineinstellungen von Meßwerkzeugen dürften daher diese Gelenkempfindungsschwellen besondere Bedeutung haben. Natürlich wird die Praxis hier wohl bald die günstigsten Bedingungen herauszufinden suchen. Es dürfte ferner sehr wahrscheinlich sein, daß jede Bewegung bei einer bestimmten Größe und bei einer ganz bestimmten Wiederholungsanzahl in der Zeiteinheit ihre größte Schnelligkeit und Genauigkeit aufweist. Hierbei dürfte die psychophysische Beanspruchung ebenfalls die günstigste sein. Die Ermittlung dieses natürlichen Taktes für die betreffenden Muskelgruppen ist daher von Bedeutung für die gleichförmige Arbeit. Der Rhythmus übt auch hier seinen günstigen Einfluß aus. Er erleichtert die Bewegungseinstellung, sorgt für den gleichmäßigen Verlauf und schafft bei der Arbeit ein gewisses lustbetontes Gefühl. In früherer Zeit wurden daher auch fast alle Körperarbeiten einem Rhythmus untergeordnet, welchem die Arbeitsgesänge ihre Entstehung verdanken, wie Bücher[1]) in seiner eingehenden Arbeit über den Einfluß des Rhythmus auf die Arbeit nachgewiesen hat.

Aus der heutigen Industriearbeit sind die äußeren Hilfsmittel zur Förderung der Rhythmusarbeit verschwunden; es dröhnen die Maschinen und es zittert der Boden nach einem unnatürlichen Takte.

Man sollte sich daher Mühe geben, diese für unsere Arbeitsfreude so wichtigen Einflüsse des Rhythmus wieder zu ihrem Recht zu verhelfen.

Die günstigste Form der Bewegung wird also stets einen rhythmisch ineinanderfließenden Verlauf nehmen, die kein plötzliches Abbrechen einer Einstellung kennt, sondern überall ein harmonisches Ineinandergreifen der Bewegungen verlangt.

[1]) Bücher, Arbeit und Rhythmus. Leipzig 1909.

Die Beurteilung einer Bewegung hat ferner nicht nur nach der Bewegung am Angriffspunkt des Gerätes zu erfolgen, sondern es müssen auch die Bewegungsbahnen der übrigen beteiligten Gelenke berücksichtigt werden. Oft ist die relative Bewegung der Hand, beispielsweise beim Stoß, klein zu den Bewegungen der Schulter und des ganzen Körpers. Überhaupt, je größer die Bewegungen und Kräfte werden, um so mehr wird das Gleichgewicht des Körpers andere Gliedmaßen in Tätigkeit setzen, die Mitbewegungen ausführen.

Alsdann wären noch einige Worte der Bewegungsform zu widmen. Die einfachen flachgekrümmten Zug- und Druckbewegungen scheinen hier günstiger für die Beanspruchung zu sein, als die zusammengesetzten Drehbewegungen.

Auch scheinen die für die ersteren Bewegungen benötigten Gelenke, Muskeln und Sehnen am besten geübt zu sein, so daß anzunehmen ist, daß die Genauigkeit ebenfalls eine größere ist, als bei den Drehbewegungen.

Die meisten Arbeitsbewegungen bevorzugen auch heute noch die gewöhnlichen Zug- und Druckbewegungen. Die Geräte in Haushalt, Landwirtschaft, Handwerk usw. beweisen dieses.

Es wäre hier von Bedeutung, zu untersuchen, ob die Leistung an einfachen Zug- oder doppeltwirkenden Zug- und Druckhebeln günstiger ausfällt, als die Leistung bei der ohne Leerlauf arbeitenden Drehbewegung.

Im Handwerk scheint ferner die nach vorn gerichtete Druckbewegung häufiger zu sein, als die Zugbewegung. Auch hier scheint bei der Erfindung der maschinellen Drehbewegung der Mensch ganz vergessen zu haben, daß er ein Wesen ist, welches seine Bewegung nur durch Zug und Druck ausüben kann.

Deshalb hätte auch hier die Arbeitsforschung planmäßige Arbeit zu leisten, um zu untersuchen, ob die auf den Bedienungsständen vorhandenen Drehbewegungen der Bedienungsmittel überall zu bevorzugen sind. Von besonderem Wert wären auch Untersuchungen über die günstigste Lage der Angriffspunkte der Geräte usw.

Die Drehbewegungen setzen sich aus Zug- und Druckbewegungen zusammen, wechseln also ständig die Einstellung und benutzen Gelenk-, Sehnen- und Muskelgruppen, die meistens nur beim „Drehen" benötigt werden. Nach den bisherigen Erfahrungen wäre also mit Wahrscheinlichkeit zu erwarten, daß diese Bewegungen bezüglich der Beanspruchung ungünstiger sind, als die einfachen Zug- und Druckbewegungen. Manche Forscher betonen, daß die Drehbewegung im Uhrzeigersinn für den Menschen am günstigsten sei. Mit den Grundsätzen der Sinnfälligkeit würde dieses nicht übereinstimmen.

Die Arbeitsuntersuchung hätte hier außerdem die Aufgabe, für die verschiedenen Arbeitsarten die günstigsten Umdrehungsbahnen zu

bestimmen, da sich die Beanspruchung und Genauigkeit bei zu kleinen oder zu großen Durchmessern wahrscheinlich ungünstig gestaltet.

Alle die angeführten Unklarheiten sind wohl mit schuldig daran, daß die Geräte vom einfachsten Haushaltgerät bis zur Anordnung der Bedienungsmittel an großen Maschinen eine solche planlose Vielgestaltigkeit aufweisen, trotzdem diese Geräte dem gleichen Zweck dienen, von den gleichen Menschen bedient und benutzt werden. Wer erinnert sich hier nicht der verschiedenen Türgrifformen, die oft so unzweckmäßig angeordnet sind, daß bei unvorsichtiger Bedienung stets die Haut abgeschürft und verletzt wird. Oder wo gibt es keine Häuser mit zu steilen Treppen, zu schmalen oder zu breiten Stufen, zu niedrigen Türen usw.?

Ein ganz krasses Beispiel liefern die Straßenbahnführerstände mit ihrer Anordnung der Bedienungsmittel.

Hier ist es keine Seltenheit, daß in einem Betriebe 5—10 verschiedene Anordnungen zu gleicher Zeit in Benutzung sind. In einem Betrieb wird die Kurbel nach links, beim anderen nach rechts gedreht, ebenso ist es mit den verschiedenen Hebeln. Der Dienststellenwechsel der Führer von einem Betrieb zum anderen wird hierdurch sehr erschwert. Solche Führer, die beispielsweise jahrelang die Rechtsdrehung der Fahrkurbel ausgeführt haben, dürften bei der Linksdrehung längere Zeit für das Abgewöhnen gebrauchen, als an Ausbildungszeit für ganz neue Leute erforderlich wäre. Die Berufserfahrungen würden in diesem Falle hinderlich sein.

So könnten derartige Unzweckmäßigkeiten für das Wirtschaftsleben noch in großer Zahl angeführt werden, für die die Arbeitswissenschaft endgültig die Normen schaffen kann.

8. Zeitlicher Bewegungsverlauf.

Von jeher gilt die Arbeitszeit als Maßstab für die Beurteilung der menschlichen Arbeitsleistung. Doch nicht nur die Zeit, wie dieses heute fast allgemein geschieht, darf zur Beurteilung dienen, sondern es muß die Gesundheit des Arbeiters in weitgehendster Weise bei der Beurteilung der Arbeitsleistung berücksichtigt werden. Die Arbeitszeit muß daher sowohl zur Überwachung der Leistung, als auch der gesundheitlichen Beanspruchung dienen. Denn wird die gesundheitliche Seite vernachlässigt, so könnte der Fall eintreten, daß die zu hohe Leistung auf die Dauer den Arbeiter frühzeitig in seiner Gesundheit abnutzt. Der Arbeiter wird so in seiner Gesundheit geschädigt und für den Betrieb unbrauchbar, fällt den Wohlfahrtseinrichtungen und schließlich der Allgemeinheit zur Last. Eine solche Arbeitszeit und Ausnutzung ist in volkswirtschaftlichem Interesse mit allen Mitteln zu unterbinden. Um die Überanstrengung zu vermeiden, ist es also notwendig, daß die Arbeitszeit- mit den

Arbeitsbeanspruchungsuntersuchungen Hand in Hand arbeiten muß, denn nur so können ausreichende Arbeits- und Erholungszeiten ermittelt werden.

Für Massenherstellung ist die Verwirklichung dieses Grundsatzes, auch im praktischen Betriebe, ohne weiteres möglich, dagegen für die Einzelherstellung bei stets wechselnder Arbeitsleistung nur annähernd durchzuführen.

Mit Recht haben deshalb die Arbeiter bisher das Taylorsystem aus dem Grunde der frühzeitigen Gesundheitsabnutzung als „gesundheitsschädlich" bezeichnet. Die neueren Arbeiten[1]) der Taylorschule berücksichtigen jedoch auch angenähert diesen Punkt und suchen ihn im Sinne der Arbeiter zu vermeiden. An anderer Stelle wird nun gezeigt werden, wie dieses im praktischen Betrieb mit verhältnismäßig einfachen Mitteln durchgeführt werden kann. Der Widerstand der Arbeiter dürfte, da auch die menschliche Abnutzung in den Grenzen des gesundheitlich Zulässigen bleibt und eingehend bei der Festsetzung der Arbeits- und Erholungszeiten berücksichtigt wird, hinfällig sein.

Da die Verteilung der Arbeitsleistungen fast durchweg nach zeitlichen Bedingungen geregelt wird, so müssen wir uns aus diesem Grunde mit der Arbeitszeit und den Hilfsmitteln für die Untersuchung des zeitlichen Verlaufs sehr eingehend beschäftigen. Die Einflüsse des menschlichen Zeitsinnes haben wohl für die meisten Arbeiten keine Bedeutung. Eine Regelung der Arbeitsverteilung geschieht in den meisten Fällen nicht durch den Zeitsinn, sondern durch andere Sinnesempfindungen und Wahrnehmungen. Die Ausfüllung der Zeit durch äußere oder innere Reize beeinflußt die Zeitschätzung ganz erheblich, was auch die im Volksmunde gebräuchlichen Redewendungen bezeugen, „die Zeit ist schnell vergangen" oder „es will gar nicht Abend werden".

Mit Rücksicht auf die geringe Entwicklung des Zeitsinnes empfiehlt es sich daher, den Verlauf zeitlich genauer Arbeiten durch äußere Hilfsmittel, beispielsweise durch Signale u. dgl., zu regeln. Diese Reize geben alsdann dem Arbeiter rechtzeitig die Mitteilung, wie er die Zeit zu verteilen hat. Hierbei sind hörbare Reize den sichtbaren in der Reaktion überlegen. Ebenfalls läßt sich die Gestaltung des Arbeitsrhythmus durch zeitliche Regelung der äußeren Reize günstig beeinflussen. Mit dem allgemeinen zeitlichen Verlauf der Arbeitsleistung beschäftigten wir uns bereits in den Abschnitten II, 1—4. Hier wurde darauf aufmerksam gemacht, daß die zeitlichen Schwankungen durch äußere und innere Ursachen bedingt seien.

Auf dem Gebiete der Zeituntersuchungen verfügen wir über sehr viele Hilfsmittel, von denen nur die allerwichtigsten in nachstehenden Abschnitten behandelt werden können.

---

[1]) Michel, Zeitstudien. Zeitschrift „Betrieb" Heft 6, 1919.

9. Untersuchung des zeitlichen Verlaufs der Arbeitsbewegung.

Mit Rücksicht auf die große praktische Bedeutung des zeitlichen Verlaufs der Arbeit werden die gebräuchlichsten Untersuchungsmittel einen breiten Raum für ihre Beschreibung einnehmen.

Für die Zeitmessungen sollen die verschiedenen rotierenden, schwingenden oder die Schwerkraft benutzenden Zeitmeßapparate kurz beschrieben werden.

Diejenigen Zeiten der Arbeitsvorgänge, die sich über mehrere Minuten oder Stunden abwickeln, können mit den gewöhnlichen Uhren (Taschenuhren, Standuhren usw.) gemessen werden. Je nach gewünschter Genauigkeit wird man sich hier der menschlichen Ablesung des Uhrzeigerstandes oder der rein mechanischen Zeitaufschreibung durch Stempeluhren bedienen. Hierfür können auch die üblichen Steck- und Zeitstempeluhren mit Erfolg benutzt werden. Die Zeitdauer des Vorganges muß alsdann wieder unter Zuhilfenahme des menschlichen Verstandes errechnet werden. Bei der praktischen Arbeitszeitüberwachung größerer Arbeiterzahlen oder vieler Arbeitsvorgänge werden hierdurch nicht unerhebliche Arbeiten für die Ausrechnung der Zeiten entstehen. Diesen Umstand will die anschließend beschriebene Additionsstempeluhr[1]) (Kalkulagraph) vermeiden. Dieser Apparat (s. Abb. 29) wird in der üblichen Weise durch Hebel von einem besonderen Beamten bedient, der auf die „Zeitkarten“ (vgl. Abb. 30) des Arbeiters die Zeit mittels des Apparates aufstempelt. Wie die Abb. 30 zeigt, schreibt der Apparat den Beginn und die gebrauchte Zeit (kleinste Zeitdauer 1 Minute) für den Arbeitsvorgang rein mechanisch auf die Zeitkarte. Die angeführte Zeitkarte zeigt, daß die Arbeit um 2^{25} Uhr begonnen wurde, und daß für den Arbeitsvorgang 2 Stunden und 35 Minuten gebraucht wurden. Durch besondere Vorrichtungen werden ebenfalls regelmäßig verlaufende Arbeitspausen selbsttätig von der absoluten Zeit abgezogen, so daß stets nur die wirkliche Arbeitszeit aufgeschrieben und verrechnet wird. Außer der Handlichkeit hat



Abb. 29. Additionsstempeluhr. Ein praktisches Hilfsmittel zur Messung größerer Arbeitszeiten.

---

[1]) Hersteller: Rational G. m. b. H., Berlin.

die Additionsstempeluhr den Vorteil, daß sie den „Zeitrechner" erspart. Für große Betriebe mit vielen Arbeitern oder auch für kleinere Betriebe, bei denen eine genaue zeitliche Registrierung verschiedener Arbeits-

HOURS — MINUTES — P.M.

JUN 4 1914

TIME ON JOB — COMMENCED

PIECE WORK

TIME CARD

Order No. 17

Employees No.	No. of Pieces	Time	Rate	Amount
48	54			

Employees Name

Part No. — Name of Part

Operation

FORM [illegible]

Abb. 30. Zeitkarte der Additionsstempeluhr.

vorgänge notwendig ist, bietet dieser Apparat bei der Überwachung der Zeit ein gutes Hilfsmittel. In Abb. 31 sehen wir die Additionsuhr in einem „Zeitbureau" auf dem Tisch des Zeitbeamten. Ebenfalls ist aus dem Bilde die Aufbewahrung der Zeitkarten ersichtlich.



Abb. 31. Die Additionsstempeluhr im praktischen Gebrauch in der Werkstätte.

Handelt es sich um die Feststellung von Zeiten, die in ganzen Sekunden noch mit genügender Genauigkeit angegeben werden können,

so können hierfür die üblichen mechanischen oder elektrischen Sekundenuhren angewandt werden. Bei noch größerer Genauigkeit, bei der Bruchteile von Sekunden eine Rolle spielen, werden die sogenannten Stoppuhren gebraucht. Diese Uhren werden für Zeiten von $^1/_5$—$^1/_{10}$ Sekunden bzw. Minuten gebaut und besitzen meistens die Form der Taschenuhren.

In Abb. 32 sehen wir eine $^1/_{10}$-Sekunden-Stoppuhr[1]). Beim Beginn der Arbeit wird auf einen Knopf gedrückt, alsdann setzen sich die Zeiger in Bewegung. Am Schlusse des Arbeitsvorganges wird die



Abb. 32. $^1/_{10}$-Sekunden-Stoppuhr.

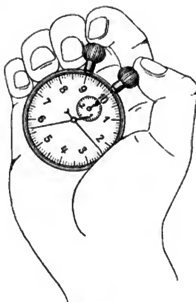


Abb. 33. $^1/_{1000}$-Minuten-Stoppuhr.

Uhr durch einen zweiten Druck auf den ersten Knopf stillgesetzt. Die inzwischen verflossene Zeit kann alsdann in $^1/_{10}$ Sekunden abgelesen werden, und zwar zeigt der große Teilkreis $^1/_{10}$ Sekunden und der kleine ganze Sekunden an. Ein weiterer Druck auf den anderen Druckknopf bringt die Zeiger in die Anfangsstellung zurück.

Eine noch größere Genauigkeit und vielseitigere Anwendbarkeit bietet die $^1/_{1000}$-Minuten-Stoppuhr[2]) nach Abb. 33. Jeder Teilstrich des großen Teilkreises entspricht hier einer Zeit von $^1/_{1000}$ Minuten. Der kleine Teilkreis des Zifferblattes gibt ebenfalls ganze Sekunden an. Bei dieser Uhr besitzt jeder Druckknopf einen besonderen Zeiger, so daß zwei zeitliche Vorgänge hintereinander gemessen werden können. So ist man mit dieser Uhr in der Lage, die größten oder kleinsten Zeiten festzustellen, ohne daß eine besondere Aufzeichnung der Ergebnisse notwendig wird. Hierbei wird das jeweils erreichte höchste oder niedrigste Zeitmaß durch einen Zeiger gestoppt. Bei Wiederholung der Bewegung

[1]) Hersteller: A. E. G., Berlin.
[2]) Hersteller: Rational G. m. b. H., Berlin.

stoppt der andere Zeiger und hierauf wieder der erste usw., bis eine Grenze erreicht ist, die nicht mehr über- oder unterschritten wird.

Die $^1/_{1000}$-Minuten-Stoppuhr wird besonders für die praktischen Zeituntersuchungen des Betriebes ein wichtiges Hilfsmittel bilden.

Ebenfalls bietet die Dezimalteilung einen Vorteil für die Bestimmung prozentualer Zuschlagszeiten zu den Arbeitszeiten.

Bei diesen Zeituntersuchungen wird ein Beobachter die Bewegungen des Arbeiters überwachen, die Uhr bedienen und die Zeiten vom Zifferblatt ablesen; ein anderer Helfer wird die Zeiten aufschreiben und später die Gesamtzeiten ausrechnen.

Die meisten der bisher besprochenen Zeitmessungen erfordern also vom ausführenden Zeitbeobachter zunächst eine gewisse Übung in der

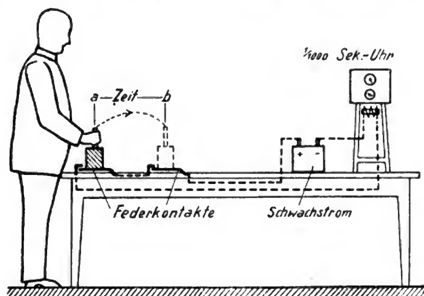


Abb. 34. Beispiel für eine Zeitmessung mittels $^1/_{1000}$-Sekunden-Uhr. Die Zeit für die Bewegung von *a* nach *b* wird bei obiger Schaltung in $^1/_{1000}$-Sekunden gemessen.

Handhabung der Uhr, ein scharfes Beobachtungsvermögen und schnelle Reaktionsfähigkeit. Weiter ist ein schneller Blick für die richtige Ablesung der Zeigerstellungen notwendig. Diese menschlichen Eigenschaften haben außer der rein mechanischen Meßgenauigkeit einen nicht zu vernachlässigenden Einfluß auf das Ergebnis derartiger Zeituntersuchungen.

Für die Messung der kleinsten Zeiten dient gewöhnlich das Hippsche „Chronoskop" oder die „Elektrische $^1/_{1000}$-Sekunden-Uhr"[1]).

Auf Abb. 34 und 73 sehen wir einen derartigen Apparat. Die Zeit wird hier auf zwei Zifferblättern angegeben, und zwar zeigt das obere $^1/_{1000}$ und das untere $^1/_{10}$ Sekunden an. Die Zeitmessung erfolgt durch ein Laufwerk, in das eine schwingende Feder eingreift, die in einer

[1]) Hersteller: Zimmermann, Fabrik psycholog. Apparate, Leipzig.

Sekunde $^1/_{1000}$ Schwingungen ausführt. Die Ingang- und Stillsetzung der Zeiger erfolgt selbsttätig durch Elektromagnete. Die Zeitmessung ist also hier vollkommen unabhängig von menschlichen Beobachtungsfehlern. Sie setzt voraus, daß räumlich am Beginn und Ende der Arbeitsbewegung oder des Bewegungsmittels kleine elektrische Schwachstromkontakte angebracht werden können. Alsdann erfolgt die Schaltung (vgl. Abb. 34) der Elektromagnete derart, daß sich am Beginn der Bewegung der elektrische Strom schließt und am Ende des Vorganges öffnet. Durch die Elektromagnete wird alsdann das Zeigerwerk während der Bewegungszeit unter Strom laufen und so die Zeit markieren. Die Genauigkeit der Uhr ist also von der gleichmäßigen Erregung der Magnete und den elektrischen und mechanischen Widerständen der Apparatur abhängig.

Nach hiesigen Erfahrungen bewegt sich die Genauigkeit in Grenzen von $\pm$ 5%. Diese Uhr, sowie die bisher beschriebenen Meßapparate gestatten stets nur eine Zeitmessung. Da das Zeigerwerk keine Nullstellung besitzt, so muß immer Anfangs- und Endpunkt aufgeschrieben und die gebrauchte Zeit errechnet werden. Die Handhabung dieses Instruments muß deshalb als umständlich bezeichnet werden.

Das praktische Arbeitsgebiet der $^1/_{1000}$-Sekunden-Uhr liegt mehr in der reinen Arbeitswissenschaft, sowohl zur Untersuchung der Sicherheitseinrichtungen, als auch der Eignung der Arbeiter.

Der Verfasser hat beispielsweise die Bedienungsvorgänge verschiedener Straßenbahnnotbremsen mittels der $^1/_{1000}$-Sekunden-Uhr untersucht.

Bei diesen Vorgängen, bei denen die Sicherheit eine ausschlaggebende Rolle spielt, ist wohl eine Anwendung der Zeitmessung in $^1/_{1000}$-Sekunden am Platze (s. hierzu auch Abschnitt V, 25).

Nachdem wir einen allgemeinen Überblick über die bei den einfachen Zeituntersuchungen anzuwendenden Mittel gegeben haben, fügen wir noch einen besonderen Abschnitt über praktische Arbeitszeituntersuchungen, wie sie der praktische Betrieb mit Rücksicht auf die „Arbeitszeit“ für bestimmte Arbeiten erfordert, ein.

10. Arbeitszeitermittlung in der Werkstatt.

Bisher haben wir die Zeituntersuchungen im Rahmen der arbeitswissenschaftlichen Untersuchung behandelt. Bei den Arbeitsuntersuchungen wurde von vornherein hauptsächlich die Massenarbeit des praktischen Betriebes vorausgesetzt.

Im wirtschaftlichen Leben gibt es nun nicht nur Massenarbeit, sondern sehr viele Arbeitsleistungen, die sich nur wenige Male wiederholen; der Arbeiter wechselt häufig mit seiner Arbeit. Auch hier sollen Arbeitszeit vorausbestimmt und Arbeitsbedingungen günstig gestaltet werden.

Im bisherigen Sinne angestellte Arbeitsuntersuchungen würden die Wahrscheinlichkeit haben, daß sie unwirtschaftlich für diese Einzelarbeit werden. Deshalb muß hier mit billigeren, aber daher auch gröberen Verfahren gearbeitet werden. Immerhin muß das Verfahren planmäßig und der gebräuchlichen persönlichen Arbeitszeitschätzung überlegen sein. Bisher schätzte in solchen Fällen ein betriebserfahrener Meister die voraussichtlich gebrauchten Arbeitszeiten und oft auch die Maschinenzeiten nach seinen persönlichen Erfahrungen, oder die Arbeit wurde als Zeitarbeit vergeben. In vielen Fällen genügte dieses Verfahren, ohne daß sich die Arbeiter beschwerten, und zwar immer dann, wenn

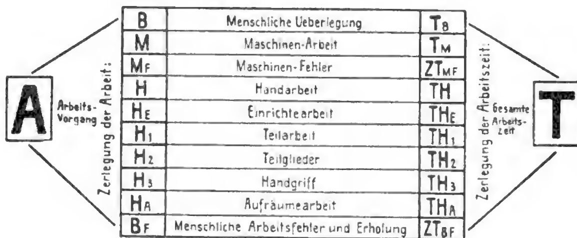


Abb. 35. **Bildliche Darstellung der Arbeitszerlegung.**

die Zeitschätzungen für sie günstig ausfielen. So wurden häufig Betrieb, und oft auch die Arbeiter, durch fehlerhafte Arbeitszeitschätzungen benachteiligt. Es entstanden hierdurch für beide Teile Verluste und unliebsame Streitigkeiten, die durch einfache Arbeitszeituntersuchungen hätten vermieden werden können. Wir bringen deshalb hierfür ein Verfahren, wobei wir uns eng an die eingehende Arbeit von Michel[1]) anschließen.

Der Arbeitsvorgang setzt sich aus einer ganzen Reihe von Einzelvorgängen zusammen, die bei der Arbeitszeitermittlung bis ins kleinste hinein erforscht werden müssen. In Abb. 35 haben wir versucht, die wichtigsten Einzelvorgänge bei der Werkstattarbeit in ihrem Zusammenhang darzustellen. Hiernach kann man beim Arbeiter, auch bei jeder Werkstattarbeit, zunächst eine Überlegungsarbeit *B* unterscheiden, die sich aus der Bewußtseinsverarbeitung der Unterweisung ergibt. Praktisch kommt hier in den meisten Fällen das Durchlesen der Arbeitsunterweisung und das Einstellen der Glieder für die Arbeitsgriffe in Betracht.

[1]) E. Michel, Zeitstudien. Zeitschrift „Der Betrieb" Nr. 6, 1919, Berlin. — Herr Obering. Michel hat in liebenswürdiger Weise seine Erfahrungen dem Verfasser mitgeteilt.

Alsdann käme die Maschinenarbeit M, worunter diejenige Arbeit zu verstehen ist, die von den technischen Vorrichtungen selbsttätig geleistet wird. Der Arbeiter hat auf diese Arbeit wenig oder gar keinen Einfluß, da die Festsetzung der maschinellen Arbeitsbedingungen nach bekannten wissenschaftlichen Grundsätzen erfolgt. Die für die Maschinenarbeit erforderlichen Maschinenzeiten T_M sind für gewöhnliche Bearbeitungsverhältnisse fast durchweg normalisiert. Außerdem dürfen die Maschinenfehler M_F nicht vergessen werden. Hiermit sind diejenigen Arbeiten gemeint, die durch Schlüpfung der Riemen und durch sonstige kleinere maschinelle Unregelmäßigkeiten entstehen. Für die Maschinenfehler gibt Michel eine Zuschlagszeit (ZT_{MF}) zur Maschinenzeit (T_M) von 10% an.

Einen ausschlaggebenden Einfluß haben die Handarbeiten H auf die Dauer der Arbeitszeit. Wie der Name schon sagt, verstehen wir unter Handarbeiten vorzugsweise die Arbeiten, welche mit der Hand geleistet werden, alsdann aber auch sämtliche körperliche Arbeiten überhaupt. Die Handarbeiten sind bei der praktischen Arbeit außerordentlich vielgestaltig, so daß für sie eine weitere Unterteilung notwendig ist. Da ist zunächst für jede Arbeit ein Einrichten H_E erforderlich, es sind Werkzeuge bereitzulegen, Werkstücke einzuspannen, die Maschinen richtig einzustellen usw. Diese Einrichtearbeiten wiederholen sich für die verschiedensten Arbeiten an den Maschinen immer und immer wieder in gleicher Weise, so daß sie normalisiert werden können, wie es z. B. von Michel für das Aufstecken und Abnahmen von Wechselrädern an Drehbänken geschehen ist (s. Abb. 36). Auf den praktischen Gebrauch der Zeitnormalien kommen wir später nochmals zurück.

Die Handarbeiten lassen sich noch weiter in Teilarbeiten H_1, deren Teilglieder und Griffe, zerlegen. Als Teilarbeiten sind diejenigen Teilvorgänge eines Arbeitsvorganges zu verstehen, die in sich aus technischen oder sonstigen Gründen zusammenzufassen sind. Diese Teilarbeiten kann man bezüglich der einzelnen Verrichtungen weiter in Teilglieder H_2 unterteilen, um schließlich zu dem äußerlich nicht mehr zerlegbaren Handgriff H_3 zu gelangen. Der Handgriff stellt also den äußerlich einfachsten Vorgang der Arbeit dar.

Wie es gewisse Einrichtearbeiten gibt, so gibt es auch Aufräumearbeiten H_A, die den vor der Einrichtung vorherrschenden Zustand wiederherstellen sollen. Sie sind ebenso der Normalisierung zugänglich, wie die eingangs erwähnten Einrichtearbeiten.

Ein Beispiel für die Unterteilung der Handarbeiten sehen wir in Tabelle 9 und 10, wozu wohl besondere Erklärungen überflüssig sein dürften.

Tabelle 9.
Unterweisungskarte für das Werkstück nach Tabelle 10.

Unterweisungskarte. Für:			Auftrag *3 F L 21 242 W*	Komm.-Nr.	Loos Nr.
Benennung des Stückes *Segmentwelle*			Maschine Nr.	Werkst.-Abt. *DK*	*1* Blatt Nr. *1*
Material *E 724 P*	Klasse Nr. *60/20 %*	Stückz. d. Looses *20/40/60*	Zeit f. d. g. Loos *ZE*	Prämie in *Akkord ZE*	Zeichnungs-Nr. *21 242*
Pos.					

Beschreibung des Arbeitsauftrages *Beide Zapfen auf Länge abstechen*

Zeile	Einzelunterweisungen	Vorschub	Schnittgeschwindigkeit	Einzelzeiten für ein Stück		Zeit für das ganze Loos	
		mm	m od. n	Minuten		Minut.	
1	*Reitstockspitze gegen halbe Spitze auswechseln*					*0*	*18*
2	*Werkstück einspannen und Drehherz befestigen*			*0*	*12*		
3	*Abstichstahl einspannen*					*0*	*4*
4	*Maschine einrücken*			*0*	*02*		
5	*Lochtaster auf 1 = 58 mm einstellen, Wasser anstellen*					*0*	*17*
6	*Kurzen Zapfen 36 auf 1 = 58 mm abstechen*	*H*	*212*	*0*	*93*		
6a	*Nach je 20 Stück Stahl wechseln 0,5 Min.*			*0*	*03*		
6b	*Nach je 20 Stück Stahl schleifen 1,5 Min.*			*0*	*07*		
7	*Maschine ausrücken*			*0*	*02*		
8	*Werkstück ausspannen, Drehherz lösen*			*0*	*12*		
9	*Mitnehmerbolzen aus Mitnehmerscheibe entfernen und Winkel befestigen*					*0*	*81*
10	*Werkstück einspannen*			*0*	*05*		
11	*Maschine einrücken*			*0*	*02*		
12	*Lochtaster auf 1 = 179 einstellen*					*0*	*17*
13	*Gewindezapfen abstechen*	*H*	*345*	*0*	*75*		
14	*Maschine ausrücken, Wasser abstellen*			*0*	*02*		
15	*Werkstück ausspannen*			*0*	*05*		
16	*Abstichstahl ausspannen*					*0*	*09*
17	*Winkel von Mitnehmerscheibe lösen und Mitnehmerbolzen einschrauben*					*0*	*81*
18	*Mitnehmerscheibe losmachen und fortlegen*						
19	*Reitstockspitze auswechseln*					*0*	*18*
	45 % auf Handarbeitszeiten			*0*	*99*	*1*	*36*
				3	*19*	*3*	*38*
	Stückzeitberechnung Stück: *20* *40* *60*						
	Zeit: $3{,}19 + \frac{4{,}38}{20}$; $3{,}19 + \frac{4{,}38}{40}$; $3{,}19 + \frac{4{,}38}{20}$						
	Min: *3,359* *3,299* *3,263*		Übertrag				

Wenn die Maschine nicht so, wie hier angeordnet, laufen kann, muß der Vorarbeiter dem Unterzeichner dieser Karte sofort Meldung davon machen.	Tag	Mon.	Jahr	Verantwortlich
	8	*5*	*18*	*Müller*

Die Feststellung dieser einzelnen Handarbeiten geschieht praktisch wohl am zweckmäßigsten mit der $^1/_{1000}$-Minuten- oder auch mit der $^1/_{10}$-Sekunden-Stoppuhr in der bereits beschriebenen Weise (Abschnitt V, 9). Für die zu untersuchende Arbeit müssen natürlich die Maschinen, Werkzeuge, Werkstücke und sonstigen Bedingungen stets einen gewissen Normalzustand besitzen, damit die Normalien abgeleitet bzw. später angewendet werden können. Der geeignete Arbeiter hat alsdann die Arbeit in der schnellsten und besten Weise unter Beaufsich-

Tabelle 10 (siehe Tabelle 9).

Unterweisungsskizze Für:	Auftrag:	Loos Nr.: *3 FL 21 242*	Komm. Nr.:
Benennung des Stückes: *Segmentwelle*	Maschine Nr.	Werkst.-Abt. *D.K.*	Blatt: *1* Nr.: *3*
179 58			

Tag:	Mon.:	Jahr:	Verantwortl.:
13.	*V.*	*18*	*Weiß*

tigung zu verrichten. Die so erhaltene Arbeitsleistung stellt somit die günstigste Leistung des Arbeiters überhaupt dar (vorausgesetzt, daß der Arbeiter einen genügenden Arbeitswillen entwickelt hat). Doch würde diese Leistung nicht dauernd vom Arbeiter einzuhalten sein, da sie eine zu hohe Beanspruchung auf seine Gesundheit ausübt. Es ist deshalb notwendig, daß ein Zuschlag zur bisherigen Arbeitszeit gemacht wird. Dieser Arbeitszuschlag gilt zunächst für den Ausgleich der menschlichen Leistungs- und Geschicklichkeitsschwankungen und zur Beseitigung gesundheitsschädlicher Arbeitsermüdung.

Der Zeitzuschlag ist daher von außerordentlicher Bedeutung für Arbeiter und Arbeit. Er kann vorläufig nur praktisch abgeleitet werden, und zwar in der Weise, daß der Durchschnittsarbeiter während einer längeren Zeit die Arbeit ausübt, wobei wieder eine genaue Beobachtung der Leistung und des Verhaltens des Arbeiters obwaltet.

Die so ermittelten tatsächlichen Leistungen und Gesamtarbeitszeiten berücksichtigen also auch die subjektive Ermüdung des Arbeiters, denn der Arbeiter hat ja wochenlang diese Arbeit ohne Schädigung

seiner Gesundheit und geistigen Frische vollbracht. Mithin muß die so ermittelte tatsächliche Arbeitszeit auch die Zuschlagszeit für Handarbeit (ZT_{BF}), die noch zu den vorhin ermittelten schnellsten Zeiten hinzuzurechnen ist, enthalten.

Wir erhalten diese Zuschlagszeit (ZT_{BF}) für Handarbeiten demnach, wenn von der tatsächlichen Gesamtarbeitszeit die mittels Zeit-

DV	Arbeiten an *Drehbänken*	Blatt Nr. *2*

Wechselräder
(Zeiten in Minuten)

Spitzenhöhe	Wechselräder		Wechselräder	
	anstecken mit Zwischenrad	abnehmen	anstecken für doppelte Übersetzung	abnehmen
1	2	3	4	5
200	1,08	0,43	1,62	0,52
250	1,25	0,52	1,90	0,70
320	1,60	0,70	2,35	1,01
350	1,80	0,82	2,52	1,20
400	2,40	1,00	2,95	1,60

Abb. 36. Beispiel für die Normalisierung von Arbeitszeiten.

studien festgestellte gesamte schnellste Arbeitszeit ($T_M + T_H$) abgezogen wird. In der bereits erwähnten Arbeit von Michel ist dieses in übersichtlicher Weise an einem Beispiel veranschaulicht, das wir in Abb. 37 vorführen.

Die tatsächliche Arbeitszeitkurve zeigt den Verlauf der Leistung für einen 9stündigen Arbeitstag (ohne Pausen). Die Kurve wurde von 20 gleichen Arbeitsvorgängen erhalten. Die mittlere Gesamtarbeitszeit (T) verläuft als gerade Linie zur Tageszeit. Ebenfalls enthält die Abbildung die Zeiten der sonstigen Teilvorgänge T_M, ZT_M und TH. Schließlich liefert diese Abbildung den Beweis dafür, daß die wissenschaftlich abgeleitete Zuschlagszeit (ZT_{BF}) sich mit den praktischen Ergebnissen deckt.

Michel hat nun weiter gefunden, daß die Zuschlagszeit (ZT_{BF}) als Konstante des Wertes $\frac{\Sigma T_{BF}}{\Sigma T_M}$ aufgefaßt werden kann.

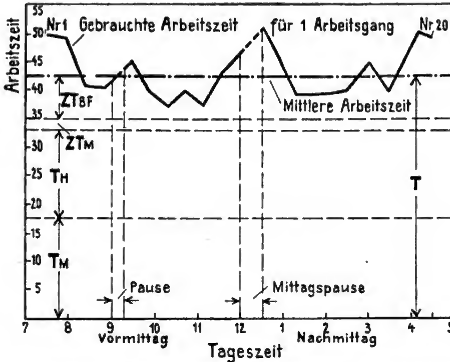


Abb. 37. Die Ermittlung der mittleren Arbeitszeit und Zuschlagszeit aus der tatsächlich gebrauchten Arbeitszeit.

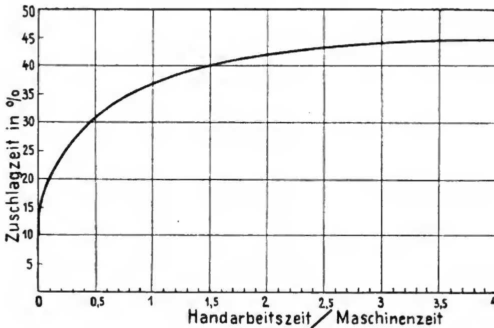


Abb. 38.

Für Maschinenarbeiten hat Michel hierfür eine Kurve (Abb. 38) aufgestellt, aus der für Werkstattarbeiten und deren Arbeitszeiten die zugehörigen Zuschlagszeiten ermittelt werden können. Der Verlauf

der Kurve zeigt, daß für Arbeitsvorgänge, die lange Maschinenzeiten erfordern, die Zuschlagszeiten geringer sind, als für Arbeitsvorgänge mit langen Handarbeitszeiten. Dieses erklärt sich daraus, daß sich der Arbeiter innerhalb der langen Maschinenzeit, wo sein Körper sich in Ruhe befindet, erholt. Auch die Zuschlagszeiten können genormt werden, wie dieses im letzten Beispiel geschehen ist. Selbstverständlich gelten für andere Arbeitsvorgänge andere Zuschlagszeiten, so gibt Michel beispielsweise für reine Handarbeit 45%, für Schraubstock- und Zusammenbauarbeiten 55%, für ganz schwere 60% und für schwere Transportarbeiten 70—90% als Zuschlagszeiten an.

Diese Zeiten gelten für die Industriebetriebe; im Baubetrieb oder in der Landwirtschaft wird man andere Zuschlagszeitverhältnisse finden, die von Fall zu Fall an Hand derartiger Untersuchungen ermittelt werden können.

Hat man auf diese Weise die Arbeitszeiten für bestimmte Arbeitsvorgänge gesammelt und als Normalien festgesetzt, so wird es an Hand derartiger Unterlagen nicht schwer sein, auch für Einzelherstellungen die richtigen Arbeitszeiten im voraus festlegen zu können, um gesunde Grundlagen für die Entlohnung zu haben.

Wir hoffen, mit vorstehenden Ausführungen einen kurzen Überblick über die praktische Arbeitszeitermittlung gegeben zu haben, und verweisen nochmals auf die bereits erwähnte Arbeit von Michel[1]).

11. Indirekte Verfahren für die Beurteilung der menschlichen Arbeitsleistung.

Die bisher beschriebenen Verfahren messen oder registrieren fast durchweg die menschliche Tätigkeit direkt, d. h. sie messen die Bewegungszeit, den Weg, die Kraft usw. immer bezogen auf den Menschen. Aus den Ergebnissen dieser Messungen kann daher direkt die Zweckmäßigkeit oder Unzweckmäßigkeit des menschlichen Arbeitsvorganges ersehen werden.

In der Praxis hat man sich bisher mehr um die technischen Vorgänge gekümmert und hat für diese Untersuchungen sehr vollkommene Meßinstrumente ausgebaut. Die Ergebnisse solcher technischen Untersuchungen lassen sich, wenn Meßapparat und technischer Arbeitsvorgang zwangläufig miteinander verbunden sind, auch für die Beurteilung des menschlichen Arbeitsvorgangs verwenden.

Viele maschinelle Vorgänge geben deshalb an Hand des Verlaufes von Arbeitsleistung, Geschwindigkeit usw. ein ziemlich genaues Bild des menschlichen Verhaltens bei der Bedienung. Allerdings muß das

[1]) Außerdem sei auf die in der Zeitschrift: Prakt. Psychologie, Leipzig, Heft 11, 1920 enthaltene Abhandlung des Verfassers über „Arbeitszeit und Ermüdung beim Taylorsystem“ verwiesen.

Meßinstrument und der technische Vorgang so empfindlich sein, daß sich die Eigenheiten der menschlichen Bedienung noch genügend bemerkbar machen.

Bei vielen Metallbearbeitungsmaschinen kann man beispielsweise aus dem Verlaufe der Antriebsleistung wertvolle Schlüsse in bezug auf den menschlichen Arbeitsvorgang ableiten. Dalchau[1]) hat z. B. dieses Verfahren für die Arbeitsleistung an Drehbänken erprobt; er hat mit dem elektrischen Antriebsmotor der Drehbank einen gewöhnlichen Ampèrestundenschreiber verbunden (Abb. 39).

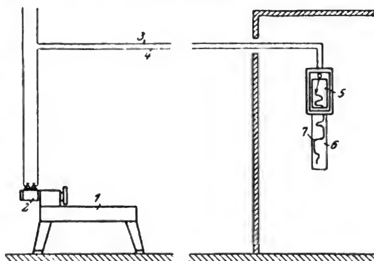


Abb. 39. Die Beurteilung der menschlichen Arbeitsleistung an Hand der Antriebsleistung des Elektromotors.

Alle Stromschwankungen des Elektromotors werden von diesem Registrierinstrument zeitlich auf einen Papierstreifen vermerkt. In Abb. 40 sehen wir einen derartigen Registrierstreifen, der auf der Längsachse die Zeit und auf der anderen Achse die Leistung in Kw. enthält. Ebenfalls ist auf dem Registrierstreifen das bearbeitete Werkstück von Hand skizziert nachträglich vermerkt worden.

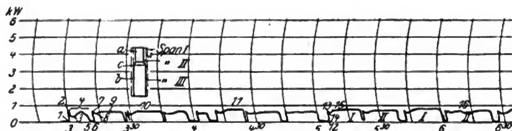


Abb. 40. Indirektes Bild für die menschliche Arbeitsleistung an einer Drehbank.

Die Unterweisung für die Bearbeitung des abgebildeten Werkstückes lautet:

1) Zapfen (*a*) in zwei Spänen (*I*) und (*II*) abdrehen.
2) Zapfen (*b*) in einem Span (*III*) abdrehen.
3) Zapfenübergang (*c*) abdrehen.

[1]) Dalchau, Zeitschrift: Der Betrieb. Nr. 14, 1920, Berlin. Die Abbildungen sind der obigen Arbeit entnommen.

Die Abb. 40 zeigt das von diesem Arbeitsvorgang erhaltene Leistungsbild. Die Arbeit wurde vom Arbeiter um 3^{00} Uhr begonnen, er läßt die Maschine zunächst anlaufen (1—2) und kurze Zeit leerlaufen (2—3). Weiter zeigt das Bild bei (4), daß der Arbeiter mit dem Einrichten und bei (5) mit dem Abdrehen beginnt. Anfangs verlaufen die Schwankungen recht unregelmäßig (10, 11); der Arbeiter arbeitet sich ein. Von 4^{45}—5^{00} Uhr zeigt sich schon ein regelmäßiger Verlauf, ein Beweis dafür, daß der Arbeiter jetzt mit dem Vorgang vertraut ist. Ebenso lassen sich aus dem Bilde die Zeiten für das Abdrehen der Späne (*I*) und (*II*), das Wechseln des Arbeitsstückes usw. erkennen. Das so erhaltene Arbeitsbild gibt also genaue Auskunft über die verschiedenen Teilarbeitszeiten, die Ausnutzung und mechanische Beanspruchung der Maschine, die Beschaffenheit der Werkzeuge, Vorrichtungen und Maschinen. Der Betriebsmann erkennt ferner, ob Arbeiter, Maschine, Material usw. in zweckmäßigster Weise für den Arbeitsvorgang ausgenutzt werden.

Da sich für gleiche Verhältnisse und gleiche Arbeitsstücke stets gleiche Arbeitsbilder ergeben, so liefern die so erhaltenen Bearbeitungsunterlagen einen guten Maßstab für die Beurteilung der technischen und menschlichen Arbeit an der Drehbank.

In ähnlicher Weise könnten die vorhandenen Registrierinstrumente für Geschwindigkeiten, Mengen usw. sinngemäß für die Beurteilung der menschlichen Arbeitsleistung benutzt werden.

Die Beurteilung derartiger Leistungsbilder kann allerdings nur der mit den technischen Bedingungen der Antriebsleistung vertraute Fachmann vornehmen.

12. Untersuchung des räumlichen und zeitlichen Verlaufs der Arbeitsbewegung.

Die bisher beschriebenen Untersuchungsmittel stellten nur die Zeit der Arbeitsbewegung fest, ohne den räumlichen Verlauf des Vorganges näher zu ergründen. Für sehr viele Arbeitsvorgänge genügt oft eine genaue Zeituntersuchung, nicht aber für solche Vorgänge, bei denen die Arbeitsbewegungen ungleichmäßig verlaufen oder verwickelte Formen haben. Hier muß auch der räumliche Verlauf festgehalten und untersucht werden. Deshalb werden hierfür nachstehend eine Reihe gebräuchlicher Verfahren beschrieben.

Da der räumliche Verlauf der Bewegung nur zeichnerisch festgehalten werden kann, so muß auch die Zeit graphisch zur Bewegung dargestellt werden. Es werden daher zunächst einige Verfahren für die graphische Zeitmessung behandelt.

Am einfachsten erfolgt die Aufzeichnung der Zeit bei der Untersuchung des räumlichen Verlaufs einer Bewegung durch schwingende

Stimmgabeln oder Federn. Gewöhnlich ist am Ende einer Stimmgabel eine leichte Schreibborste befestigt, die alsdann auf einem bewegten Registrierstreifen ihre Schwingungen aufzeichnet. Als Registrierstreifen verwendet man hauptsächlich gewöhnliche oder berußte Papierstreifen, die auf eine Registriertrommel gespannt sind (vgl. Abb. 41 und 44). Die Schreibborste schreibt alsdann bei Bewegung der Stimmgabel ihre Zeitschwingungen auf die bewegte Registriertrommel (siehe Abb. 42 oben).

Die Stimmgabeln und Federn werden meistens von Elektromagneten in dauernder Schwingung gehalten. Eine vereinfachte Darstellung

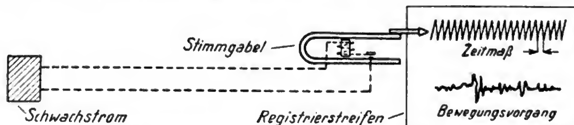


Abb. 41. Schaltbild für die Zeitmessung mittels Registrierapparates und Stimmgabel.

der Schaltung und Arbeitsweise sehen wir in Abb. 41. Im Handel sind diese Instrumente für Schwingungszahlen von $^1/_{20}$—$^1/_{500}$ Sekunden erhältlich. Ihre Bedienung ist bei großer Genauigkeit als einfach zu bezeichnen. Das Berußen von Registrierstreifen geschieht mittels stark rußender Flammen (Benzol u. a. Brennstoffe) und ist etwas umständlich. Jedoch hat es den Vorzug vor Tintenschreibung, daß es viel genauere Bewegungsbilder liefert.

Ein gebräuchliches Registrierinstrument für Ruß- und gewöhnliche Registrierung sehen wir in Abb. 42. Durch Feder- oder Elektro motor unter Zwischenschaltung von Reibungsrädern wird die Registriertrommel ziemlich gleichmäßig bewegt. Handelt es sich um die Registrierung längerer Arbeitsvorgänge, so können zwei derartige Instrumente vereint und mit einer unendlichen Papierschleife versehen werden (vgl. Abb. 73). Diese Instrumente können gewöhnlich senkrecht oder wagerecht aufgestellt werden, ebenfalls läßt sich die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel in gewissen Grenzen verändern und den verschiedenen Bewegungsvorgängen und Schwingungszahlen der Stimmgabeln anpassen. Die Stimmgabeln werden, wie Abb. 42 zeigt, an einem besonderen verstellbaren Ständer angeordnet, der eine genaue Einstellung der Schreibborste zum Registrierstreifen gestattet.

Außer der direkten Zeitschreibung verwendet man vielfach für größere Zeiten die Zeichenmagnete (Markiermagnete) unter Mitbenutzung von elektrischen Zeitunterbrechern. In Abb. 43 ist ein Beispiel für diese Zeitschreibung in vereinfachter Darstellung wieder-

gegeben. Der Anker des Zeichenmagnetes ist mit einem Schreibhebel verbunden, der in bekannter Weise Zeitmarken schreibt, wenn die Magnetwicklung vom elektrischen Strom durchflossen wird. Im Kreis-

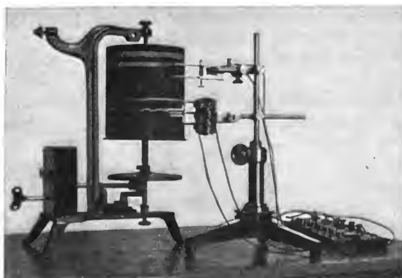


Abb. 42. Registrierapparat mit elektrischer Stimmgabel und Zeichenmagneten für Zeitmessungen.

lauf des elektrischen Stromes ist nun ein Zeitunterbrecher (Pendel, Stimmgabel o. dgl.) eingeschaltet, der die zeitliche Unterbrechung des Stromes besorgt. Die sich hierbei ergebenden Zeitmarken sehen wir auf Abb. 43 (oben rechts). Die Handhabung dieses Verfahrens ist

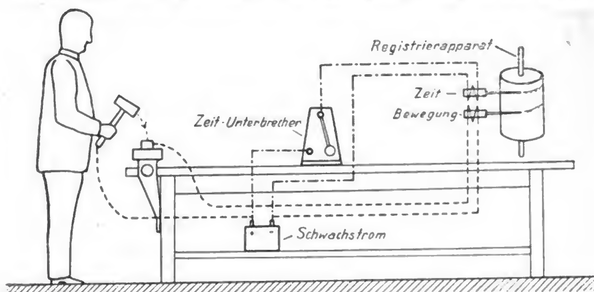


Abb. 43. Anwendungsbeispiel für die Zeitmessung mittels Registrierapparates und Zeichenmagneten. (Bewegungsbild siehe Abb. 44.)

nicht mehr ganz so einfach, wie die Stimmgabelmessung. Die Genauigkeit ist von den elektrischen und mechanischen Widerständen des Zeichenmagnets und Unterbrechers abhängig.

In ähnlicher Weise kann für die Zeitschreibung der bekannte Morsetelegraph benutzt werden.

Hiermit wären die gebräuchlichsten Verfahren der Zeitschreibung kurz angeführt, so daß nunmehr die Aufzeichnung des Bewegungsverlaufes näher erläutert werden kann.

Der bereits erwähnte Zeichenmagnet eignet sich auch zur Aufzeichnung von räumlichen Bewegungen, die ein Anbringen von elektrischen Kontakten am Bewegungsmittel, Werkzeug oder in der Bewegungsbahn, gestatten. Durch das Berühren der elektrischen Schleifkontakte an den räumlich festgelegten Punkten der Bewegungsbahn schließt oder öffnet sich alsdann der elektrische Strom, und es wird durch die magnetische Erregung der Schreibhebel bewegt. Auf diese Weise erhält man ein Bild des Bewegungsverlaufes, wie es Abb. 44 zeigt.

Auf dem Bilde ist die Zeit durch die Schwingungen einer Stimmgabel angegeben, während die räumlichen Bewegungen durch die unter-

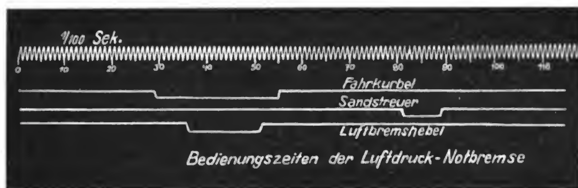


Abb. 44. Ergebnis einer Zeitmessung mittels Stimmgabel und Zeichenmagneten.

brochenen geraden Linien dargestellt sind. In vorliegendem Falle zeichneten gleichzeitig drei Zeichenmagnete den räumlichen Verlauf von drei Bedienungsmitteln auf.

Es handelt sich bei der Bedienung um Drehbewegungen der Bedienungsmittel von Straßenbahnwagen, die ohne weiteres ein Anbringen von Schleifkontakten gestatteten. Die dargestellten Längen stehen also in einem bestimmten Verhältnis zur wirklichen Bewegungsbahn. Weiter läßt sich aus der Darstellung der genaue zeitliche Verlauf der drei verschiedenenen Bedienungsbewegungen ersehen, was bei der Zeitmessung mittels Uhr nicht möglich ist. Auf diese Art und Weise lassen sich sehr verwickelte aufeinanderfolgende Bewegungen gleichzeitig zeitlich-räumlich festhalten und untersuchen. Man erkennt aus solchen Aufzeichnungen von Mehrfachbewegungen, wie die einzelnen Bewegungen sich gegenseitig beeinflussen und überdecken. So wird wohl dieses Verfahren besonders für die Untersuchung von Bedienungsmitteln und Mehrfachbewegungen mit Vorteil anzuwenden sein.

Ein noch übersichtlicheres Verfahren zur Untersuchung von Raum und Zeit gestattet die rein mechanische Schreibvorrichtung nach Abb. 45. Am Bedienungsmittel oder Werkzeug wird hierbei eine

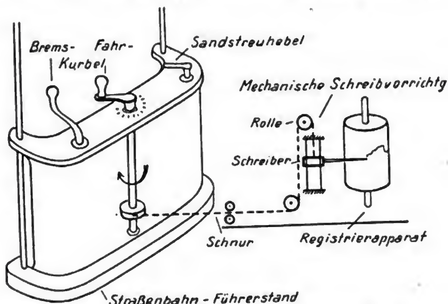


Abb. 45. Mechanische Schreibvorrichtung zur Aufzeichnung von Bewegungsvorgängen.

dünne Schnur befestigt, die die Bewegung auf den „Schreiber" überträgt. Der „Schreiber" zeichnet alsdann in der üblichen Weise die Bewegungen auf die Registriertrommel. In Abb. 46 ist ein mit diesem Verfahren gewonnener Registrierstreifen des gleichen Bewegungsvorganges, wie

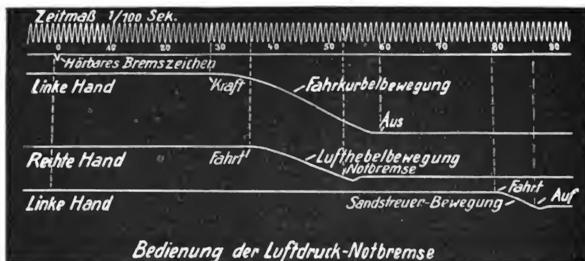


Abb. 46. Registrierstreifen eines Bedienungsvorganges, der mittels der mechanischen Schreibvorrichtung nach Abb. 45 erhalten wurde.

in Abb. 44, dargestellt. Auch hier mußten gleichzeitig drei Schreibvorrichtungen mit den Bedienungsmitteln verbunden werden. Das so erhaltene Ergebnis ist bedeutend übersichtlicher, es zeigt besonders die Geschwindigkeitsveränderungen innerhalb der Bewegungen.

Ferner läßt sich mit Hilfe dieses Verfahrens eine mehrdimensionale Aufzeichnung der Bewegung durchführen.

Für diese Untersuchungen ist eine erheblich größere Apparatur erforderlich, deren Anbringung nicht immer einfach ist. Bei sehr schnellen Bewegungsvorgängen beeinflussen die Trägheitsmassen der Schreibvorrichtung oft die bildliche Aufzeichnung des Bewegungsverlaufs.

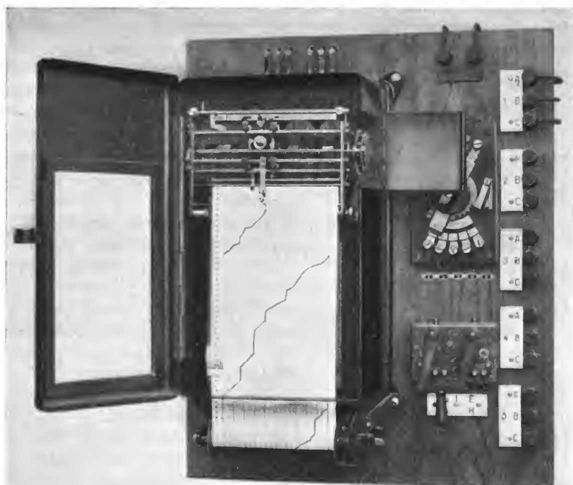


Abb. 47. Die Arbeitsschauuhr registriert selbsttätig menschliche und maschinelle Arbeitsvorgänge, sie kann daher für die Untersuchung und Überwachung von Arbeitsleistungen benutzt werden.

Die Beurteilung der Bewegungsbilder erfordert alsdann eingehende Überlegungen, um die eben angedeuteten Fehler zu vermeiden.

Auf das Prinzip der bisherigen Registrierung der Arbeitsvorgänge baut sich die von Poppelreuter[1]) erfundene Arbeitsschauuhr auf. Die Arbeitsschauuhr kann zur selbsttätigen Aufzeichnung von menschlichen und maschinellen Leistungen jeder Art benutzt werden. Deshalb dürfte die Arbeitsschauuhr berufen sein, sowohl als praktisches

[1]) Poppelreuter, Die Arbeitsschauuhr. Wendt & Klauwell, Langensalza (1918).

und wissenschaftliches Hilfsmittel zur Nachprüfung von Arbeitsvorgängen, als auch für die ständige Überwachung von Arbeitsleistungen zu dienen. Weiter ist besonders hervorzuheben, daß die Arbeitsschauuhr auch als Ratgeber für den Arbeiter selbst dienen kann. Auf Grund der Arbeitskurven zeigt sie dem Arbeiter, wieviel er geleistet hat und wieviel noch zu leisten ist, auch wo er seine Pausen einzusetzen hat usw.

Die Arbeitsschauuhr[1]) (s. Abb. 47) zeichnet die einzelnen zeitlich aufeinanderfolgenden Teilarbeiten von Arbeitsvorgängen auf einen mit bestimmter Geschwindigkeit bewegten Registrierstreifen auf. Und zwar bewegt sich die Schreibvorrichtung in Abhängigkeit von der Zeit oder der Zahl der abgelaufenen Arbeitsvorgänge. Daher gibt die Neigung der aufgezeichneten Arbeitsvorgänge auf der Arbeitskurve die Arbeitsgeschwindigkeit an (vgl. Abb. 48).

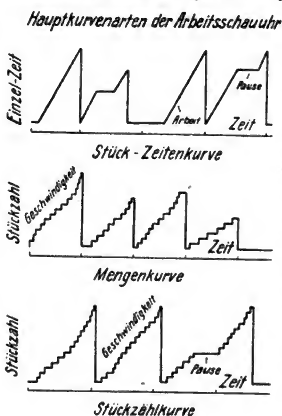


Abb. 48.

Die Schreibvorrichtung kehrt von selbst auf den Nullpunkt zurück, wenn eine bestimmte Arbeitszeit vergangen oder eine bestimmte Menge Arbeit geleistet ist. Einige besondere Kurvenarten und ihre vorzugsweise praktische Anwendung mögen kurz besprochen werden.

Die in Abb. 48 dargestellte Stückzeitenkurve wird besonders dort angewandt, wo die Zeiten der einzelnen Teilvorgänge eines Arbeitsvorganges interessieren. Hierbei erfolgt die Bewegung der Schreibvorrichtung schneller als diejenige des Registrierstreifens. Die Rückkehr des Schreibers zum Nullpunkt geschieht nach jedem Einzelvorgang. Bei Arbeitspausen steht der Schreiber still und verläuft die Arbeitskurve gleichlaufend mit der Zeitachse. Auf der so gewonnenen Arbeitskurve bedeutet also der einzelne Abschnitt jeweils einen Teilvorgang, dessen Höhe die gebrauchte Arbeitszeit darstellt. Die Zeitachse gibt die gesamte Zeit für die Zahl der Einzelvorgänge an.

Die Mengenkurve dient zur Aufzeichnung der Arbeitsvorgänge in einer bestimmten Zeit. Die Höhe der Arbeitskurve gibt die geleisteten Arbeitsmengen in der Zeiteinheit an, während die Neigung der Arbeitskurve wieder die Arbeitsgeschwindigkeit anzeigt.

---

[1]) Hersteller: Siemens & Halske, Wernerwerk, Berlin.

Über die Anwendung der Stückzählkurve kann gesagt werden, daß diese dort am Platze ist, wo es sich um die Feststellung von Zeiten für eine größere Anzahl von Einzelvorgängen, oder um die Ermittlung der Gesamtzahl der in einem größeren Zeitabschnitt abgelaufenen Vorgänge handelt. Der zwischen Anfang und Ende auf der Zeitachse liegende Abschnitt der Arbeitskurve gibt die Arbeitszeit an, die für eine bestimmte Anzahl von Vorgängen erforderlich war.

Die Arbeitsschauuhr kann mit Schwach- oder Starkstrom angetrieben werden. Die Bewegung der Schreibvorrichtung erfolgt mit Hilfe von Magneten und Zahnrädern, deren Übersetzungsverhältnis, je nach Schreibgeschwindigkeit, geändert werden kann.

Der Registrierstreifen besteht aus Papier und kann in ähnlicher Weise wie die Schreibvorrichtung elektromechanisch mit verschiedener Geschwindigkeit bewegt werden. Der Registrierstreifen kann mit Vorschüben von 20—240 mm in der Stunde bewegt werden.

Bei der Anwendung der Arbeitsschauuhr müssen ebenfalls am Bedienungsmittel, Werkstück oder in der Bewegungsbahn elektrische Kontakte angebracht werden, die die Elektromagnete in Tätigkeit setzen. Einzelheiten der Schaltung zu beschreiben, würde hier zu weit führen, es sei auf die besonderen Schriften von Poppelreuter verwiesen.

Für die gewöhnlichen Arbeitsuntersuchungen mit nicht zu hoher Arbeitsgeschwindigkeit dürfte die Arbeitsschauuhr vollkommen ausreichen. Die Handhabung ist einfacher, als diejenige der bisher beschriebenen Registrierverfahren. Besonders verdient noch die außerordentlich lange Laufzeit der Arbeitsschauuhr hervorgehoben zu werden, deren Registrierstreifen 18—45 m lang sind. Einige praktische Anwendungsbeispiele sollen kurz die verschiedenartige Anwendung dieses Instrumentes veranschaulichen.

In Abb. 49 sehen wir, wie die Arbeitsschauuhr mit einer Schreibmaschine verbunden ist. Es wird hier mittels der Arbeitsschauuhr die Arbeitsleistung der Schreibmaschinistin genau überwacht. Ebenfalls können an verschiedenen Schreibmaschinen von einer Zentralstelle aus durch einfaches Umschalten der Schalter Stichproben vorgenommen werden, ob die Maschinen in Tätigkeit sind, richtig ausgenutzt und mit genügender Geschwindigkeit bedient werden. Schließlich kann die Arbeitszeit für jedes Schriftstück aus der Arbeitskurve ersehen werden.

Auch kann die Arbeitsschauuhr vorteilhaft für Eignungsuntersuchungen verschiedenster Art Verwendung finden. Hier wird man besonders Ausdauer und Übungsfähigkeit aus den Arbeitskurven ersehen können.

Der Vollständigkeit halber wird noch ein Beispiel gebracht, wie in der praktischen Werkstätte die Arbeitsschauuhr für die Überwachung der Leistung einer „Stanze" benutzt wird (vgl. Abb. 50).

Da die Uhr im Arbeitsraum des Meisters aufgehängt ist, so kann sich dieser mit einem Blick von dem ordnungsmäßigen Arbeiten der Stanzen überzeugen und die Leistung genau überwachen, ohne seinen Arbeitsplatz verlassen zu müssen.

So ließen sich noch sehr viele praktische Anwendungen der Arbeitsschauuhr anführen, auf die wir aber wegen Raummangels verzichten müssen.

Außer den bisher besprochenen mechanischen und elektromechanischen Verfahren zur Registrierung von Bewegungsvorgängen findet



Abb. 49. Die Anwendung der Arbeitsschauuhr bei Eignungs- und Leistungsuntersuchungen von Schreibmaschinistinnen.

noch das pneumatische Registrierverfahren dort Anwendung, wo es sich um außerordentliche feine oder schnelle Bewegungsvorgänge handelt. Auch dient es unter Zuhilfenahme von mechanischen Hilfsmitteln zur Registrierung der Arbeitskraft (vgl. Abschnitt V, 24).

Die Abb. 51 zeigt beispielsweise, wie die feinen Zitterbewegungen der Hand registriert werden. Für die Übertragung der Bewegungen

wird die abgeschlossene Luft benutzt. Eine mittels dünner Gummihaut luftdicht abgeschlossene Kapsel endigt in einem dickwandigen Schlauch,

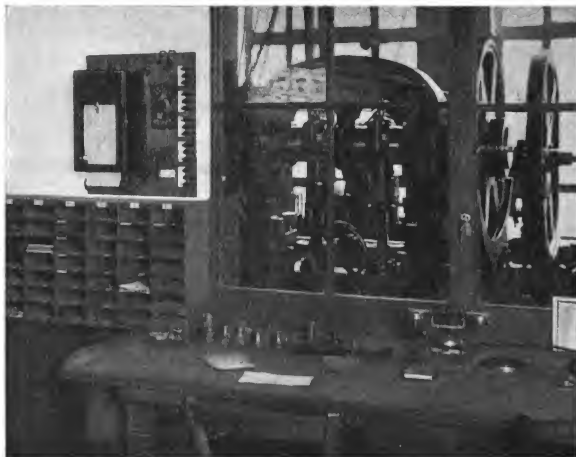


Abb. 50. Die Arbeitsschauuhr im Betriebe zur Überwachung der Arbeitsleistung von Stanzen. Die Uhr ist im Meisterraum angeordnet, so daß sich der Meister jederzeit von der Ausnutzung der Maschinen überzeugen kann.

an dessen anderem Ende sich ebenfalls eine abgeschlossene Gummikapsel befindet. Dieses ganze System schließt eine bestimmte Luftmenge ab, so daß sich deshalb mit Hilfe der Luftwellen die auf der einen Gummihaut ausgeübten Bewegungen auf die andere Gummihaut übertragen. Die Gummihaut an dem Registrierapparat steht, wie die Abbildung zeigt, mit einem leichten langen Schreibhebel in Verbindung, so daß auch die feinsten Zitterbewegungen noch deutlich als Bewegungen aufgezeichnet werden und zu erkennen sind (vgl. Abb. 52, Linien *A* und *B*).

In vorliegendem Falle wurde zur Untersuchung der Zitterbewegungen die in der Hand befindliche Gummikapsel durch ein kleines Gewicht beschwert, so daß die Massenbeschleunigung die Zitterbewegungen noch vergrößerten. Diese Art der Registrierung findet ebenfalls für die Untersuchung von Atmung, Herz und sonstigen physiologischen Forschungen Verwendung.

An mehreren Stellen wurde darauf hingewiesen, daß die bisher behandelten Untersuchungsverfahren die Anbringung gewisser mechanischer

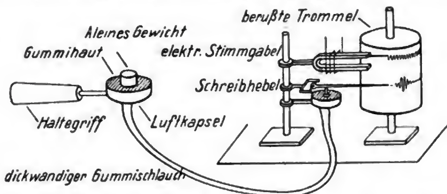


Abb. 51. Versuchsanordnung für die Untersuchung von Bewegungsruhe und Schreckhaftigkeit mittels pneumatischer Registrierung.

oder elektrischer Punkte am Bewegungsglied, Bedienungsmittel, Werkzeug oder in der Bewegungsbahn zur Voraussetzung haben. Es muß also für die Untersuchung stets die Anbringung mechanischer Verbindungen oder elektrischer Leitungen möglich sein.

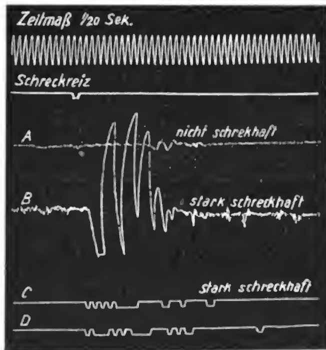


Abb. 52. Registrierung von Zitterbewegungen mittels des pneumatischen Registrierverfahrens.

Um diesen Voraussetzungen gerecht zu werden, muß der Arbeitsvorgang einen gewissen regelmäßigen, räumlichen Verlauf nehmen; er darf nicht unregelmäßig verlaufen, sondern muß immer im Rahmen der festgelegten Bewegungsbahnen oder Punkte bleiben.

Sehr viele Bewegungsvorgänge verlaufen aber im Raume vollkommen unregelmäßig, oder die Anbringung elektrischer und mechanischer Kontakte oder Hilfsmittel ist bei ihnen nicht möglich, zu umständlich und kostspielig. Die bisher besprochenen Registrierverfahren genügen für solche Bewegungsvorgänge nicht mehr, so daß hier neue Verfahren zur Anwendung kommen müssen. In der Photographie haben wir nun ein Hilfsmittel gefunden, welches die Untersuchung derartiger Arbeitsvorgänge ohne Anwendung störender Hilfsmittel gestattet. Der nächste Absatz wird daher die bekanntesten photographischen Verfahren für die Untersuchung der Arbeitsleistung behandeln.

13. Photographische Verfahren zur Untersuchung der Arbeitsbewegung.

Die photographischen Untersuchungsverfahren können wohl als die vollkommensten Untersuchungsmittel angesehen werden.

Ihre Anwendung ist fast überall durchführbar; besonders sind sie dort am Platze, wo es sich um die Untersuchung sehr schnell verlaufender Bewegungsvorgänge handelt. Hier legt die photographisehe Platte die Bewegungsbahnen restlos fest, während unser Auge die Feinheiten der Bewegung meistens infolge der großen Bewegungsgeschwindigkeit überhaupt nicht sieht, oder es vergißt unser Gedächtnis den Bewegungsvorgang schnell. Diese und noch andere Fehlermöglichkeiten vermeidet die photographische Aufnahme der Bewegung.

Für die methodische Durchführung der Untersuchungen gelten die meisten der bereits aufgestellten Regeln. Außerdem kommen für die photographische Aufnahmetechnik noch folgende beachtenswerte Punkte hinzu.

Die Aufnahmen von Bewegungsvorgängen werden am zweckmäßigsten mit einer Kamera mit doppeltem Auszug gemacht, damit eine scharfe Einstellung und Größenanpassung möglich ist. Die Anwendung einer Stereoskopkamera ist in den meisten Fällen nicht notwendig. Als Plattengröße dürfte 13 × 18 cm für die meisten Bewegungsvorgänge ausreichend sein. Für das Aufnahmeobjektiv genügen gewöhnlich „Aplanate“, also Linsen, die annähernd perspektivisch richtig zeichnen. In den häufigsten Fällen, wo die Bewegungsvorgänge einige Sekunden dauern, werden keine großen Ansprüche an die Lichtstärke des Objektives gestellt. Ebenfalls genügen für die Aufnahmen meistens die einfachsten Zeitverschlüsse für das Objektiv, da es sich um Zeitaufnahmen handelt, deren Belichtungszeit durch die Dauer des Bewegungsvorganges festgelegt ist.

Wenn wir noch kurz die persönliche Seite bei der photographischen Aufnahme streifen wollen, so kann gesagt werden, daß die Ansprüche an den Photographen bei der Bewegungsaufnahme geringer sind, als bei der Landschafts- oder Personenaufnahme.

Nach einiger Übung wird jeder Praktiker sich wohl in den allermeisten Fällen die Aufnahmen selbst anfertigen können.

Die Wahl des Standorts der Kamera hat so zu erfolgen, daß sämtliche Bewegungen im Rahmen der Platte bleiben. Im Dämmerlicht umfährt man dann am besten mit einer leuchtenden Lampe den Aufnahmeraum für den Bewegungsvorgang, um zu sehen, ob die Bildgröße die richtige ist. Alsdann werden zweckmäßig die genauen Daten der Aufnahme und Untersuchung auf einer Tafel festgelegt und später mit aufgenommen. Dieses bietet für die Wiederholung schlecht geratener Aufnahmen und für weitere Untersuchungen wesentliche Vorteile.

Die Untersuchungen können auf diese Weise an Hand der festgelegten Daten jederzeit fortgesetzt werden und bieten die Möglichkeit für den späteren Vergleich. Man wird hier den Arbeitsvorgang, die

Arbeitsuntersuchung Nr: 758.

Bedienungsbewegung		Luftdruck Notbremse.
Bedienungsmittel und Zubehör		Fahrschalter B3b gewöhnl. Führerventil
Arbeitsbedingung		schnellste Ausführg.
Versuchsort		Prüfungsstelle
Versuchsperson		Lukatis
Versuchsbeobachter		Tramm
Zeitmaß		1/1000 Sekunden Chronoskop
Versuchstag		29. 10. 19.
Versuchszeit		11 ^{00} vorm.
Witterung		schön
Temperatur		+ 1 ° Celsius
Photo-daten	Apparat	Goerz Tenax
	Objektiv	Dagor 6,5
	Winkel	30 °
	Höhe. Breite. Tiefe	200 ± 0 2,00
Bemerkung		

Höhenmaß cm 10 20 30 40

Senkrecht aufhängen

Längenmaß cm 30 20 10

In der Bewegungsebene der Versuchsperson

Abb. 53. Phototafel für die Arbeitsuntersuchung.

optischen Daten und sonstigen Umstände auf einer Tafel festlegen und diese Tafel bei der Aufnahme in einer leeren Bildecke mitaufnehmen. In Abb. 53 sehen wir beispielsweise eine solche Tafel, die die wichtigsten

Daten für die später gezeigten Bewegungsaufnahmen enthält. Das Mitphotographieren der Versuchsdaten bietet zugleich eine Gewähr dafür, daß die Bilder bei der Auswertung schnell erkannt und nicht verwechselt werden. Um die Wirksamkeit des Lichtes und Kontrastes zu steigern, empfiehlt es sich, für die Tafel weiße Schrift auf schwarzem Hintergrund zu wählen. Ebenfalls geben weiße Maßteilungen auf schwarzem Hintergrund an Meßapparaten deutlichere Bilder als die gewöhnlichen schwarzweißen Teilungen. Bei Lichtaufnahmen im Raume empfiehlt es sich der Deutlichkeit halber, daß ein einfarbiger Hintergrund aufgebaut wird, der die nebensächlichen Dinge möglichst verdeckt.

Nach diesen Vorbemerkungen wird der nächste Abschnitt die gebräuchlichsten photographischen Aufnahmeverfahren an Hand von Beispielen erläutern.

14. Gewöhnliche Aufnahme einzelner Arbeitsstellungen.

Selbst die gewöhnliche Aufnahme einzelner Stellungen im Verlaufe des Arbeitsvorganges, wo beispielsweise Vorbereitungs-, Anfangs-,



Abb. 54. Einfache photographische Aufnahme von Bedienungs- und Arbeitsstellungen. (Das Bild zeigt die Bedienungsstellung des Führers während der Fahrt bei der Luftdruckbremse.)

Zwischenstellungen-, End- und Ruhestellungen bei der Arbeit photographiert werden, bietet in vielen Fällen einen guten Maßstab für die Beurteilung der Arbeit.

In Abb. 54 haben wir eine derartige Aufnahme vor uns. Die einzelnen Gliedstellungen sind im Bilde besonders hervorgehoben, indem vorher weiße elastische Streifen (Gummi) auf dunkler Kleidung in der Mitte

der Glieder und der Gelenkpunkte befestigt wurden. Ferner eignen sich diese Aufnahmen vorzüglich für Unterweisungszwecke.

Ein einziges Bild ersetzt dem Lehrling oft lange Erklärungen des Lehrpersonals. Ferner bilden die Aufnahmen die Ausgangspunkte für die nachfolgend beschriebenen Bewegungsaufnahmen.

15. Aufnahme von Punktbewegungen.

Das einfachste Aufnahmeverfahren bildet die Aufnahme einzelner bewegter Lichtpunkte, die am Körperglied oder Werkzeug befestigt sind. Als Lichtpunkte wählt man gewöhnlich die bekannten 2—4 voltigen Glühlämpchen oder sonstige elektrischen Funkenstrecken. Die Befestigung der Lichtpunkte hat zunächst so zu erfolgen, daß dieselben die Arbeitsbewegungen nicht stören. Dieses geschieht entweder durch elastische Stoffbänder oder federnde Stahlspangen, auf denen die Lampenfassungen so befestigt werden, daß sie sich nicht bewegen können. Die elektrische Schaltung der Lämpchen erfolgt alsdann am zweckmäßigsten nebeneinander. Am einwandfreiesten gestalten sich die Aufnahmen, wenn die Versuchsperson mit möglichst dünner Kleidung (Trikot) von dunkler Farbe bekleidet ist (vgl. hierzu Abb. 58). Alsdann erfordert die jeweilige Arbeitsuntersuehung eine richtige Wahl für die Anordnung der Lichtpunkte. Hier wird man an den an der Bewegung beteiligten Gelenken die Lämpchen anbringen, wobei auch auf die Bewegungen des ganzen Körpers Rücksicht zu nehmen ist.

In andern Fällen kann die Anbringung der Lichtpunkte auch im Schwerpunkte der einzelnen Körperglieder erfolgen. Die richtige Wahl der Lichtpunkte ist äußerst wichtig; denn werden zu wenig Punkte angebracht, so erhält man ein unvollständiges Bild, welches nicht das Wesentliche des Vorganges zeigt. Sind dagegen zu viel Punkte angeordnet, so zeigt das Bild der Bewegungsbahnen ein wirres Durcheinander, das nicht oder sehr schwer auszuwerten ist.

Die Aufnahme selbst geschieht beim Dämmerlicht, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Versuchsperson die einzelnen Bedienungsmittel usw. noch genügend erkennen kann. Der photographische Apparat wird jetzt vor einer so ausgerüsteten Versuchsperson aufgestellt, die lichtempfindliche Platte wird freigegeben, und die einzelnen Lämpchen werden elektrisch erleuchtet. Wir erhalten dann eine Aufnahme der Lichtpunkte nach Abb. 55. Lassen wir die Versuchsperson in unserem Beispiel die eingeübten Bedienungsbewegungen mit den erleuchteten Lampen ausführen, so ergibt sich ein Bild von den Bewegungsbahnen, wie es Abb. 56 zeigt.

Der aufgenommene Vorgang stellt die Bedienung der elektrischen Gefahrbremse dar und wird später noch eingehend besprochen werden.

Bei der Bewegungsaufnahme empfiehlt es sich, daß die Versuchsperson am Anfang und Ende der Bewegung einen kurzen Augenblick



Abb. 55. Ausrüstung einer Versuchsperson für die gewöhnliche Punktbewegungsphotographie. Die Anordnung wurde bei der Untersuchung von Straßenbahnnotbremsenbedienungen angewandt.

in ruhiger Stellung verharrt, damit sich diese Punkte auf der photographischen Platte besser auszeichnen und später gut erkennen lassen.

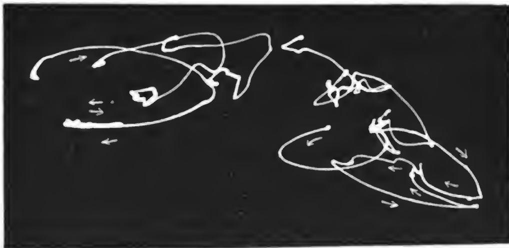


Abb. 56. Das Bewegungsbild zeigt die schwierigen und anstrengenden Bedienungsbewegungen für die elektrische Notbremse.

Die Bewegung muß selbstverständlich vorher eingehend in ihre einzelnen Teilbewegungen zerlegt und der Versuchsperson eingeübt werden,

dann erst darf die Aufnahme vorgenommen werden (vgl. Unterweisung, Tabelle 11 und 12). Ferner ist es notwendig, daß während der photographischen Aufnahme ein besondererBeobachter die Bewegungen der Versuchsperson überwacht. Die Versuchsperson kann aus irgendeinem Grunde eine von der Norm abweichende Bewegung ausführen, die alsdann aufgenommen und bei der Auswertung falsch bewertet wird. Auch bietet die Beobachtung Gewähr dafür, daß sich keine falschen Griffe und Bedienungsstellungen einschleichen.

Die Auswertung der Bilder geschieht alsdann in der Weise, daß die Feststellung von Anfangs- und Endpunkt jeder Bewegungsbahn erfolgt, worauf die Richtung der Bewegung durch Pfeile auf dem Bilde eingetragen wird (vgl. Abb. 56). Für die Beurteilung der Bewegungsbahnen müssen alsdann die praktischen Erfahrungen mit herangezogen werden. Bei einfachen und klaren Bewegungsbildern wird die Beurteilung keine allzu großen Schwierigkeiten bereiten. Dagegen ist die Beurteilung verwickelter Vorgänge, bei denen verschiedene Bewegungen sich überdecken oder durcheinanderlaufen, nicht immer ganz einfach. Es läßt sich hier nur so viel sagen, daß regelmäßig ineinanderfließende Bewegungsbahnen (s. Abb. 74), die nicht plötzlich ihre Richtung wechseln oder die Bahn ändern, den unregelmäßig verlaufenden Bewegungen bei der Arbeit im Vorzug sind. An einem praktischen Beispiel werden wir später die Beurteilung verschiedener Bewegungsbilder vornehmen.

Die Punktphotographie muß also die Zeituntersuchungen ergänzen, sie findet bei verwickelten Bewegungsarten Anwendung. In fast allen Fällen ergeben sich an Hand der Bewegungsaufnahmen neue Gesichtspunkte für die Verbesserung der Bedienung oder Anordnung der Bedienungsmittel.

16. Aufnahme von Punkt-Zeit-Bewegungen.

In manchen Fällen interessiert das zeitliche Ineinandergreifen der verschiedenen Teilbewegungen eines Vorganges. Es müßte also die Zeit der einzelnen Bewegungen ebenfalls festgehalten werden. Auch hierfür können wir das photographische Verfahren benutzen. Zu diesem Zwecke werden in den elektrischen Speiseleitungen der einzelnen Glühlämpchen zeitliche Stromunterbrecher angeordnet (etwa ähnlich nach Abb. 43), welche den elektrischen Strom in bestimmten Zeitabschnitten öffnen und schließen, so daß die Glühlämpchen nur von Zeit zu Zeit aufleuchten. Auf der lichtempfindlichen Platte muß somit eine unterbrochene Bewegungsbahn entstehen, wie sie beispielsweise Abb. 57 zeigt. Die Entfernung von zwei Lichtpunkten bedeutet auf der Bewegungsbahn also eine bestimmte Zeit, so daß aus den engen und weiten Abständen der Punkte die Geschwindigkeit der verschiedenen Bewegungen ersehen werden kann. Ebenfalls können für verschiedene Lichtpunkte

verschiedene Unterbrechungszahlen verwendet werden, so daß sich hierdurch die einzelnen Bahnen voneinander unterscheiden lassen.

Als Stromunterbrecher verwendet man gewöhnlich Pendel-, Lamellen-, Federn- und Stimmgabelunterbrecher, die alle $^1/_{10}$—$^1/_{50}$ Sekunde den Strom unterbrechen.

Die Zeit-Punkt-Bewegungsbilder sind nicht so deutlich, wie die vorerwähnten einfachen Bilder. Oft spielen sich die Bewegungsfeinheiten

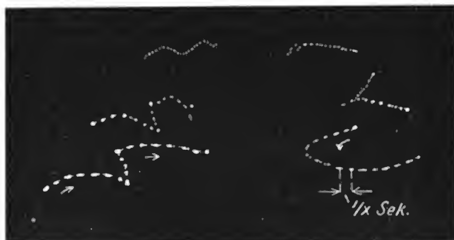


Abb. 57. Bild einer Punkt-Zeit-Bewegung. Das Bewegungsbild stellt eine verbesserte Bedienung der Luftdrucknotbremse dar (vgl. Abb. 74).

gerade in den dunklen Zwischenzeiten ab und werden dadurch nicht mit aufgenommen. Bei verwickelten Bewegungen wird es in den meisten Fällen schwierig sein, die verschiedenen Bewegungsbahnen auseinander zu halten. Auch verursacht die Perspektive eine Verzeichnung der wirklichen Bewegungswege, so daß bei der Beurteilung von Geschwindigkeiten die hierdurch entstandene Verzeichnung berücksichtigt werden muß. Bei gleicher Deutlichkeit der Bilder erfordert das Verfahren größere Plattenabmessungen, als das einfache Aufnahmeverfahren. So ist dieses Aufnahmeverfahren wohl nur für besondere Zwecke geeignet.

17. Aufnahme von Punktbewegungen mittels Stereoskopkamera.

In den Fällen, wo es sich um Bewegungsvorgänge handelt, bei denen der räumliche Verlauf besonders wichtig ist, wird die Stereoaufnahme zur Anwendung gebracht.

Die Stereoaufnahme gestattet bei der späteren Auswertung ein räumliches Sehen der Bewegungsbahnen, wenn man ein Stereoskop zur Hilfe nimmt.

Wenn auch die eben besprochenen gewöhnlichen Aufnahmeverfahren Bilder liefern, die in vielen Fällen die in der Tiefe verlaufenden Bewegungen noch schätzungsweise erkennen lassen, so liefert die Stereoaufnahme doch in solchen Fällen erheblich deutlichere Bilder.

So bleibt auch die Stereoaufnahme nur besonderen Untersuchungen vorbehalten, sie ist fast doppelt so teuer als die gewöhnlichen Verfahren und liefert dabei kleinere Bewegungsbilder, erfordert außerdem Spezialaufnahmeapparate.

18. Aufnahme von Linien-Zeit-Bewegungen.

Die in den vorstehenden Abschnitten behandelten Aufnahmeverfahren benutzten durchweg zur Sichtbarmachung der Bewegungsbahnen Lichtpunkte. Für die allermeisten Bewegungsforschungen werden diese Aufnahmeverfahren genügen. Doch genügen sie nicht mehr, wenn es darauf ankommt, die Stellungen der einzelnen Glieder im Verlaufe des Bewegungsvorganges kennen zu lernen.

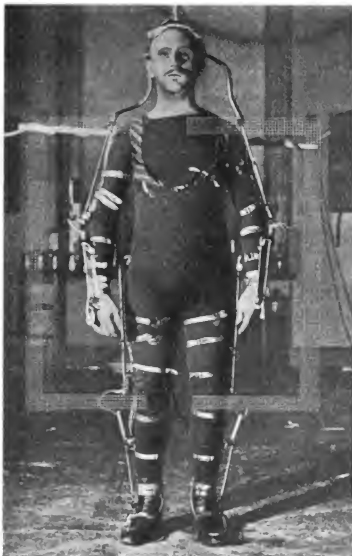


Abb. 58. Ausrüstung einer Versuchsperson mit Geislerschen Röhren für die Linien-Zeit-Bewegungsphotographie. Die Anordnung dient zur Untersuchung des menschlichen Ganges.

Für diesen Fall müssen alsdann leuchtende Linien anstatt der Punkte an die bewegten Glieder befestigt werden, wie es beispielsweise in Abb. 58 geschehen ist. Man verwendet für die leuchtenden Linien „Geislersche Röhren", die von Induktionsströmen gespeist werden. In andern Fällen hat man auch einfache weiße Streifen auf dunklem Hintergrund für derartige Aufnahmen benutzt. Damit die Linien bei ihrer Bewegung keine Flächen geben, erfolgt eine zeitliche Unterbrechung des Induktionsstromes in der bereits geschilderten Art. Auf diese Weise erhalten wir, wenn sich die Versuchsperson in Gang setzt, folgendes Bild (Abb. 59). Der menschliche Gang wurde nach diesem Verfahren von

Braune und Fischer[1]) bereits im Jahre 1894 mit einer Genauigkeit bis auf $^1/_{1000}$ mm untersucht.

Diese vor etwa $^1/_4$ Jahrhundert vorgenommenen Bewegungsforschungen sind auch heute noch als mustergiltig zu bezeichnen, und sind bisher nicht übertroffen worden.

Auf dem in Abb. 59 dargestellten Bewegungsbilde bedeutet der Abstand zweier Linien den in der Belichtungszeit zurückgelegten Weg. Man erkennt aus den Stellungen der Linien deutlich, wie der Fuß sich

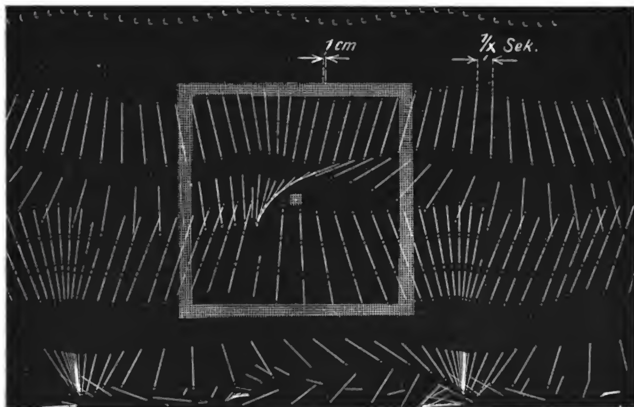


Abb. 59. Bewegungsbild einer Linien-Zeit-Bewegungsphotographie. Bewegungsaufnahme der Versuchsperson nach Abb. 58 beim Gehen.

nach dem vollständigen Aufsetzen in Bewegung setzt, welche Mitbewegungen die Arme, der Kopf und die anderen Gliedmaßen ausführen. Auf den Geislerschen Röhren sind ferner die Gelenke und Schwerpunktslagen der Glieder durch „Lichtpunkte" bezeichnet. An diesen Stellen wurden die Geislerschen Röhren durch Asphaltlack verdeckt. Weiter ist aus der Abb. 58 zu ersehen, daß die einzelnen Röhren durch Lederriemen am Körper befestigt sind, und daß die Stromzuleitung von oben erfolgte, damit die Bewegungsfähigkeit beim Gehen möglichst wenig beeinflußt wurde.

Die beiden letzten Abbildugenn zeigen ferner ein mitaufgenommenes Koordinatennetz von 100 × 100 cm. Dieses Netz wurde für die genaue

---

[1]) Braune und Fischer, Der Gang des Menschen. I. Teil. Hirzel, Leipzig.

Auswertung benötigt; es ist auf eine Glastafel gezeichnet und nach der Bewegungsaufnahme in der Bewegungsebene angebracht und photographiert.

Braune und Fischer benutzten für diese Aufnahmen gleichzeitig 4 Aufnahmeapparate, so daß von jeder Bewegung 4 Ansichten gewonnen wurden.

Das beschriebene Verfahren stellt erhebliche Anforderungen an die Apparatur und ist daher kostspieliger, als die bisher behandelten Verfahren. In sehr vielen Fällen dürften die Geislerschen Röhren bei der Arbeit stören oder ihre Anbringung nicht möglich sein.

Auch dieses Verfahren ist nur für besondere Untersuchungen geeignet. Die Ergebnisse, die mit diesem Verfahren erzielt werden können, müssen als die vollkommensten bezeichnet werden. Die Bilder sind deutlicher, genauer und auch billiger, als die nachfolgend behandelten kinematographischen Aufnahmen.

19. Kinematographische Aufnahme von Arbeitsbewegungen.

Nachdem die mit ruhenden, lichtempfindlichen Platten arbeitenden photographischen Verfahren erläutert wurden, kommen wir nunmehr zu der kinematographischen Aufnahme.

Von vornherein sei bemerkt, daß das sehr kostspielige kinematographische Aufnahmeverfahren sich nur dort lohnt, wo die bisherigen Verfahren nicht anwendbar sind. Es scheint dem Verfasser, daß die bisher bekannt gewordenen kinematographischen Arbeitsuntersuchungen ebenso gut, wenn nicht noch besser, mit den bisher beschriebenen photographischen Aufnahmeverfahren hätten durchgeführt werden können. Bedenkt man weiter, daß ein Meter Film 20 ÷ 40 M. und mehr kostet, daß für Untersuchungen oft mehrere 100 m erforderlich sind, so wird man die ausgesprochene Warnung vor Filmaufnahmen verstehen lernen. Die kinematographischen Aufnahmen stellen ferner erhebliche Anforderungen an den Photographen, so daß hierfür nur Fachleute in Betracht kommen.

Die meisten Aufnahmeräume bieten gewöhnlich beim natürlichen Tageslicht ungenügendes Licht, so daß fast stets starke künstliche Lichtquellen angeordnet werden müssen, um bei kurzzeitiger Belichtung deutliche Bilder zu erzielen.

Der Bildwechsel für den Bildstreifen hat sich der Geschwindigkeit der Arbeitsvorgänge anzupassen. Für gewöhnliche Filmaufnahmen beträgt dieser Bildwechsel 16 in der Sekunde.

Die Filmaufnahmetechnik gestattet ferner die Anbringung sämtlicher bisher genannten Hilfsmittel zur besseren Verdeutlichung der Bewegungen. Es können also bei der Versuchsperson helle Flecken und Streifen (Abb. 60, 54), leuchtende Punkte und Linien (Abb. 55 und 58)

und auch auf dem Hintergrunde Koordinatennetze (Abb. 61) angeordnet werden. Ebenso ist es ohne Schwierigkeiten möglich, daß außer dem eigentlichen Bewegungsvorgang noch andere Vorgänge gleichzeitig mit aufgenommen werden. Man ist somit in der Lage, die Ergebnisse der verschiedensten Meßapparate kinematographisch ablesen zu lassen.

Ein praktisches kinematographisches Aufnahmebeispiel sehen wir in Abb. 60. Im Vordergrunde befindet sich der Kinematograph und im Hintergrunde der Arbeiter mit den Arbeitsgeräten, Meßapparaten und sonstigen Hilfsmitteln.

Zur besseren Kennzeichnung der Bewegung hat man auf der rechten Schulter der Versuchsperson einen weißen Fleck angebracht. Weiter



Abb. 60. Kinematographische Aufnahme von Arbeitsbewegungen.

ist der Hintergrund in Quadrate (etwa 10 ÷ 15 cm) eingeteilt, damit die Auswertung hierdurch erleichtert wird. Ebenfalls ist die übliche Tafel mit den Untersuchungsdaten vorhanden und außerdem sind zwei Zeitmesser im Vordergrunde ersichtlich.

Die Abb. 61 läßt deutlich die verschiedenen Einzelheiten in der Anordnung der Hilfsmittel erkennen. Die drei Bilder entstammen einem Bildstreifen einer Untersuchung über Montagearbeitsbewegungen.

Um auch noch ein klares Beispiel für die kinematographische Ablesung von Meßapparaten zu geben, fügen wir eine Bildreihe von Auf-

nahmen bei, die bei der Untersuchung eines Drehzahlmessers gewonnen wurden (Abb. 62)[1].

Die beiden untersten Bilder zeigen den Apparat in Ruhe, auf Bild 3 ist der Zeiger bereits in Tätigkeit getreten, was auch durch das leuchtende Glühlämpchen angezeigt wird.



Abb. 61. Drei Bilder aus einem Filmstreifen über die Aufnahme von Montagearbeitsbewegungen.

Die Aufnahme wurde bei einem Bildwechsel von 15,5 in der Sekunde aufgenommen; sie zeigt, daß der untersuchte Drehzahlmesser etwa $^2/_3$ Sekunden bis zum richtigen Anzeigen benötigt, um die Trägheitsschwankungen zu überwinden. Das menschliche Auge würde in diesem Falle nur wenige Schwankungen wahrgenommen haben.

Soviel Aufhebens gerade mit der Filmaufnahme in Deutschland gemacht worden ist, so wenig praktische Anwendung hat sie hier gefunden. Hieran sind wohl hauptsächlich die hohen Kosten, großen Vorbereitungen, die umständliche Handhabung und Auswertung und andere Bedingungen schuld. Die Auswertung erfordert meistens eigene Auswertungs- und besondere Vorführungsapparate. Alle diese Schwierigkeiten dürften es verhindern, daß auch in Zukunft die kinematographische Aufnahme in Deutschland viel zur Anwendung gelangen wird.

Die nebenstehend gezeigten Bilder des Montagevorganges würden nach Ansicht des Verfassers mit gleichem, wenn nicht besserem Erfolge, mit der einfachen Bewegungsphotographie untersucht werden können. Die Anwendung des Kinematographen könnte also im vorstehenden Beispiel umgangen werden.

[1]) Die Bilder wurden dem Verfasser von der Deutschen Forschungsgesellschaft für Luftfahrt, Berlin-Adlershof, in bereitwilligster Weise überlassen.

Am Schlusse dieses Absatzes sei noch darauf hingewiesen, daß nur die für die menschlichen Arbeitsbewegungen gebräuchlichsten photographischen Verfahren aufgeführt werden konnten. Für die Untersuchung von mechanischen Vorgängen besitzt die Wissenschaft in der von Glatzel[1]) und Cranz ausgebildeten Hochfrequenzphotographie Verfahren, die mit Belichtungszeiten von $^1/_{100\,000}$ Sekunden arbeiten und daher die Möglichkeit bieten, auch die schnellsten Vorgänge untersuchen zu können.

Immerhin dürften die vorstehenden Ausführungen einen kurzen Überblick über die in zahlreichen Fachschriften niedergelegten Untersuchungsmittel bieten, so daß wir jetzt zur Besprechung des dynamisch-statischen Verlaufs der Arbeitsbewegung übergehen können.

20. Bewegungskraft und Körpergleichgewicht bei der Arbeit.

An einigen Stellen machten wir bereits auf die Bedeutung der inneren Arbeitskräfte und des Körpergleichgewichtes für die Arbeitsbewegung aufmerksam. Für alle schweren körperlichen Arbeitsleistungen haben die dynamisch-statischen Bedingungen einen Haupteinfluß auf die Arbeitsausdauer. Schon bei der Aufrechterhaltung unseres Körpers beginnt diese Arbeit; es sei hier an das gerade, aufrechte Sitzen bei unzweckmäßigen Lehnen und an das Stehen in strammer Haltung erinnert, welches beides den Körper außerordentlich schnell ermüdet. Die bewegende Kraft und die Körpergleichgewichtskräfte hängen so innig mit der körperlichen Arbeitsleistung zusammen, daß es eigentlich verwunderlich erscheint, daß vom Gleichgewicht bei der Arbeit so wenig die Rede ist, was wohl hauptsächlich daran liegt, daß der Gleichgewichtszustand vom Körper selbsttätig ohne Zutun des Willens aufrechterhalten wird.

Alle Bewegungskräfte lassen sich für das menschliche Körpergleichgewicht und Muskelsystem auf einfache Zug- und Druckkräfte zurückführen. Die vom Menschen am Angriffspunkte auszuübende Kraft ist,

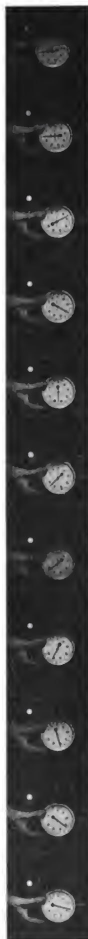


Abb. 62. Untersuchung eines Drehzahlmessers mittels Kinematographen. Die Bildreihe zeigt deutlich, wie nach dem Andrücken des Drehzapfens der Zeiger hin und her schwankt. Das kleine Lämpchen zeigt das Andrücken des Drehzapfens an.

[1]) Glatzel, Elektr. Methoden der Momentphotographie. Braunschweig 1915.

wie bereits beim Tastgefühl erwähnt, von der Form des Angriffspunktes, alsdann von dem Körpergleichgewicht, der Bewegungsgeschwindigkeit und von der Größe der Stützkraft abhängig.

Bei allen Bewegungen, wo die Stützkraft an den Fußsohlen auftritt, hat die Reibung zwischen Fuß und Boden daher einen erheblichen Einfluß auf die auszuübende Höchstkraft. Auf steilen Rampen oder Treppen, die von Lastträgern begangen werden müssen, sieht man deshalb häufig, wie die Reibung durch künstlich angeordnete Bodenbelege vergrößert wird.

Für größere Körperkräfte wird im Handwerk und in der Landwirtschaft die Zugkraft gegenüber der Druckkraft bevorzugt. Die Zugleistung eines 75 kg schweren Menschen wird beispielsweise zu 316 800 mkg bei 8stündiger Arbeitszeit angegeben. Andere Zahlenwerte über menschliche Arbeitsleistungen sind von Arbeiten an Handkurbeln bekannt geworden. So sollen 7÷8 kg Kraft ohne besondere Mühe über 8 Arbeitsstunden und vorübergehend bis zu 20 kg an Handkurbeln geleistet werden können.

Als günstigste Umdrehungszahl der Handkurbel haben sich hierbei 20÷30 Umdrehungen/Minute bei 0,3÷0,4 m langem Kurbelarm ergeben. Die günstigste Angriffspunkthöhe wird mit 0,8—0,9 m angegeben. Folgende kleine Aufstellung[1]) zeigt ferner, wie Arbeitsdauer und -leistung bei der Kurbeldreharbeit zusammenhängen:

Arbeitszeit	Min.	1,5	5	15	41	90
Arbeitsleistung i. d. Sekunde		27,7	19,5	17,0	13,5	12,5
Gesamte Arbeitsleistung	mkg	2500	5800	15 300	33 000	67 800

Leider fehlen bei diesen Messungen die Beanspruchungsdaten, die bei den verschiedenen Arbeitszeiten durch die Arbeitsleistung beim Menschen verursacht wurden. Auch die Erholungszeit, die für die Beseitigung der Ermüdung erforderlich ist, müßte angegeben sein, um praktisch verwertbare Erfahrungen ableiten zu können. Immerhin geht aus den Leistungswerten hervor, daß der Arbeiter bei 4 × 15 Minuten Arbeitszeit etwa ebensoviel als bei 1×90 Minuten leistet. Es verbleibt ihm bei der 4teiligen Arbeitszeit eine Erholungszeit von insgesamt 30 Minuten, also 7,5 Minuten nach jeder Leistung. Dagegen ist bei 90 Minuten überhaupt noch keine Erholungszeit hinzugerechnet. Das Beispiel zeigt jedenfalls, wie die Leistung von der Arbeitsdauer und Erholungszeit abhängig ist. Richtig gewählte Arbeitspausen erhöhen die Leistung und schonen den Arbeiter.

Nach den Erfahrungen des Kraftsports besteht ferner eine Beziehung zwischen maximaler Kraftleistung und Ermüdung; d. h. ein Zuwachs an maximaler Kraftleistung zieht auch einen

[1]) Boruttau, Die Arbeitsleistungen des Menschen. Teubner, Leipzig.

Zuwachs an Ausdauer nach sich. Auch Schnelligkeit und Sicherheit der Bewegung sollen günstig durch den Zuwachs an Kraftleistung beeinflußt werden.

Für die Schwerarbeiter müßte demnach das sportliche Training der praktischen Arbeitsleistung direkt zu gute kommen.

Ein anderes Beispiel zeigt besonders die Abhängigkeit der geleisteten Zugkraft von der Eignung und Anzahl der Arbeiter.

Die Zugkraft ist keineswegs ein Vielfaches der Kraft des Durchschnittsarbeiters, sondern sie vermindert sich stark mit der Anzahl der Arbeiter, wie wir es beispielsweise auf Abb. 63 veranschaulicht sehen. Hier ziehen Arbeiter an einem Seil; der einzelne leistet eine durchschnittliche Zugkraft von etwa 63 kg oder 100%. Zwei Arbeiter

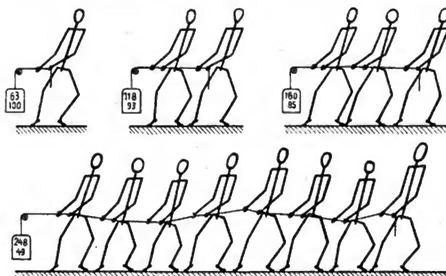


Abb. 63. Augenblickskraftleistungen beim Ziehen. Der Wirkungsgrad wird um so ungünstiger, je mehr Leute ziehen.

leisten 118 kg oder jeder 7% weniger, bei 3 Mann beträgt die Minderleistung schon 15% und bei 8 Arbeitern schließlich 49% für den einzelnen Mann. Wodurch wird nun der Wirkungsgrad des einzelnen bei dieser Gruppenarbeit verschlechtert?

Zunächst wissen wir ja aus der Maschinenlehre, daß die Anzahl der Triebwerksteile und Triebkräfte den Gesamtwirkungsgrad infolge der Zunahme der Reibung und sonstigen Widerstände verschlechtert. Das würde, für dieses Beispiel übersetzt, etwa heißen, daß die Arbeiter in sich die Zugkräfte verbrauchen. Im Bilde ist deshalb die Körperhaltung der verschiedenen Leute übertrieben dargestellt, das Seil bildet eine Wellenlinie infolge der ungleichartigen Angriffsverhältnisse des einzelnen, die Stützverhältnisse sind nicht überall gleich günstig usw.

Wenn die Arbeiter jetzt auf ein Signal anziehen, so wird derjenige mit der schnellsten Reaktionszeit zuerst anziehen, dann folgt der nächste usw., hierdurch wird sich das Seil ausrichten und die Leistung des ersten

läßt schon wieder nach, wenn der letzte Arbeiter mit der langsamsten Reaktionszeit seine Kraft ausübt. Auf diese Weise dürften also niemals alle Arbeiter das Höchstmaß ihrer Kraft zu gleicher Zeit ausüben, so daß der Wirkungsgrad ungünstig beeinträchtigt wird.

Auch dieses Beispiel zeigt wieder, daß die allereinfachsten Arbeitsleistungen eine gewisse Eignung beim Arbeiter voraussetzen. Praktisch ist der ungeeignete Arbeiter bei diesen Gruppentätigkeiten sehr im Nachteil; er reagiert beispielsweise zu langsam und erhält hierdurch für Sekundenbruchteile die gesamte für 8 Mann bemessene Kraft. Die Folge ist, daß er zu Boden stürzt oder von der Kraft mitgerissen wird. In anderen Fällen reißen infolge der außerordentlich hohen Überbeanspruchung die Gewebe und so entsteht der sogenannte „Bruch", der den Arbeiter für die Schwerarbeiten fortab ausscheiden läßt und oft die Gesundheit sehr ungünstig beeinträchtigt.

Auch die angeblich „einfachsten" Tätigkeiten können, wie die Beispiele zeigen, durch die arbeitswissenschaftliche Forschung verbessert werden.

Sobald größere Kräfte an unserem Körper angreifen, oder die einzelnen Glieder sich von der gewöhnlichen geraden Haltung fortbewegen, entstehen Kräfte im Körper, die das Umkippen verhüten, also das Gleichgewicht aufrechterhalten. Diese Gleichgewichtskräfte werden um so größer, je größer die Angriffskräfte und je mehr die Haltung der Gliedmaßen von der natürlichen aufrechten Körperhaltung abweicht. Die wirksamen Gleichgewichtsmomente, die sich aus dem im Schwerpunkt des Gliedes angreifenden Gliedgewichte und dem Hebelarm bis zum Körperstützpunkt bilden, sind von erheblicher Bedeutung für die Wahl der Bedienungsstellungen.

Ferner werden die statischen Beanspruchungen besonders ungünstig, wenn große Massen mit hohen Geschwindigkeiten beschleunigt oder verzögert werden. Der Arbeitsaufwand vergrößert sich hierbei mit dem Quadrate der Geschwindigkeit ($E = \frac{1}{2}\, m \cdot v^2$).

Die statischen Beanspruchungen dürften bei den sogenannten körperlichen Arbeiten in den meisten Fällen ein Vielfaches der einfachen dynamischen Beanspruchung betragen. Bei der Beobachtung der Ermüdung von Schwerarbeiten kann man dieses unschwer feststellen. Diese Leute, besonders in der Land- und bei der Förderarbeit, richten sich bei der Arbeit von Zeit zu Zeit gerade, strecken die Körperglieder oder massieren einzelne Muskelgruppen, und zwar sind es meistens die Muskeln, die zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts dienen.

Ebenfalls haben sich durch die ständigen Überbeanspruchungen in statischer Beziehung Berufskrankheiten ausgebildet, hier sind vorzugsweise Beinkrankheiten (Plattfüße und Krampfadern) zu nennen.

Der statischen Beanspruchung muß daher ganz besondere Aufmerksamkeit zugewendet werden, weil sie von ausschlaggebender Bedeutung für die Beanspruchung und Ausdauer bei der körperlichen Arbeit ist. Nach der andern Seite müssen die Ermüdungsmessungen sich möglichst auf die statische Beanspruchung erstrecken (siehe Abschnitt V, 30).

Für den Arbeitsforscher ist es wichtig, daß er mit den Gleichgewichtsverhältnissen des Körpers vertraut ist, damit er die ungefähre statische Entlastung durch künstliche Körperstützpunkte, Geräteanordnungen u. dgl. herbeiführen kann. Das von Fischer[1]) entworfene Schwerpunktsmodell dürfte für diese Ermittlungen ein brauchbares Hilfsmittel bilden.

An Hand dieses Modells läßt sich die jeweilige Körperhaltung der Gliedmaßen und des Schwerpunkts bestimmen, so daß eine annähernde Kräfteverteilung vorgenommen werden kann.

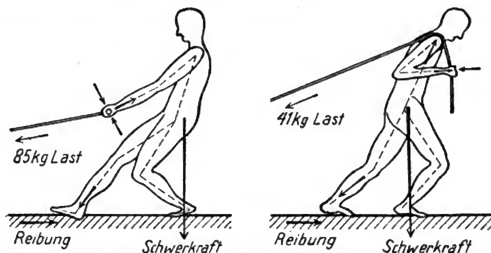


Abb. 64. Zerlegung der Bewegungs- und Gleichgewichtskräfte bei der Zieharbeit.

Da der Satz von dem Parallelogramm der Kräfte auch für den menschlichen Körper gilt, so lassen sich die Kräfte an den Gelenkpunkten in ihre Gliedkomponenten zerlegen. Die Gliedkomponenten bilden dann stets die Seiten eines Parallelogramms, in dem die Kraft selbst die Diagonale darstellt. Ebenfalls gilt das Kräfteparallelogramm für die räumliche Kräfteverteilung, so daß auch die Beanspruchung der Skelettmuskeln hiernach bestimmt werden kann. In Abb. 64 sehen wir eine solche Kräftezerlegung veranschaulicht. Der vorwärtsziehende Mensch soll hier erheblich weniger leisten, als der rückwärts ziehende Mensch[2]). Bei der Analyse der Arbeit haben wir zunächst annäherungs-

[1]) Fischer, Der Gang des Menschen. II. Teil. Hirzel, Leipzig.

[2]) M. Ringelmann, Annalen des Instituts National Agronomique, Paris. — Bericht in „Technische Monatshefte," Stuttgart 1915.

weise die Körperhaltung bei der Arbeit ermittelt (Fischers Modell). Praktisch würde hierfür die photographische Aufnahme der wichtigsten Bewegungsstellungen und Bewegungsbahnen in Betracht kommen. Alsdann wäre die Lage der Angriffskraft und Stützkraft, sowie die Schwerkraft zu bestimmen.

Betrachten wir jetzt die Angriffsverhältnisse, so zeigt das Bild des rückwärtsziehenden Menschen eine symmetrische Kräfteverteilung am Angriffspunkt. Beide Hände greifen an einem starken Quergriff an, so daß nur ein geringer Hautdruck an den Handflächen auftritt. Die Armmuskeln üben bei dieser Stellung Zugkraft aus, während die Beinmuskeln auf Druck beansprucht werden. Die Reibungsverhältnisse werden durch das Eindrücken des scharfkantigen Absatzes günstig beeinflußt, so daß alle diese Merkmale darauf hindeuten, daß die Körperhaltung für die Arbeit als günstig anzusehen ist. Ebenso greift die Last an einem kleinen Hebelarm an, während die Schwerkraft im Sinne der Zugleistung an einem langen Hebelarm wirkt.

Sieht man sich die Arbeitsverhältnisse des nach vorwärts ziehenden Menschen an, so zeigt zunächst der Angriffspunkt der Last eine unsymmetrische Form. Die Last greift einseitig an der einen Schulterseite an und erzeugt hierdurch unsymmetrische Körperbeanspruchungen. Trotz der Schulterunterlage des Seiles drückt sich dieses beim starken Zug in die Schulterfleischteile hinein und erzeugt hierdurch Schmerzgefühle. Sobald das Schmerzgefühl auftritt, läßt die Leistung nach, deshalb übt der Arbeiter nicht seine Höchstkraft aus. Das Festhalten des Seiles geschieht ebenfalls unter den ungünstigen Tastbeanspruchungen infolge der geringen Angriffsflächen. Die Stützverhältnisse scheinen bezüglich der Reibung auch etwas ungünstiger zu sein, als bei der anderen Stellung, da nur die Fußsohlen den Boden berühren und außerdem ungünstige Fußbeanspruchungen auftreten. Der Hebelarm der Last ist ebenfalls ungünstiger, wobei die Schwerkraft überhaupt kein oder ein sehr kleines Moment im Sinne der Arbeitsleistung erzeugt.

Auf Grund dieser Überlegungen bezüglich der Verteilung der Kräfte könnte man sagen, daß die erste Angriffsform der zweiten erheblich überlegen ist. Die erwähnten praktischen Versuche scheinen dieses ja zu bestätigen.

In ähnlicher Weise lassen sich andere körperliche Arbeiten untersuchen, die besten Angriffsverhältnisse und Stützgelegenheiten ermitteln.

Besonders müssen wir darnach trachten, dem Körper die statischen Beanspruchungen durch künstliche Stützmittel abzunehmen. Der stehende Arbeiter entlastet seine Bein- und Rückenmuskulatur erheblich, wenn er sich bei der Arbeit anlehnen kann, deshalb müssen, wenn irgend möglich, Lehnsitze angewendet

werden. Wo ein Sitzen bei der Arbeit möglich ist, sollte dem Arbeiter auch Sitzgelegenheit geboten werden. Besonders muß der Ausgestaltung der Sitzflächen mehr Aufmerksamkeit als bisher geschenkt werden; denn die üblichen Hocker machen vielfach ein längeres Sitzen unmöglich, da einzelne Hautstellen zu stark auf Druck beansprucht werden. Auch dürfte sich in sehr vielen Fällen die Anbringung von elastischen Rücken- und Armlehnen ermöglichen lassen. Schließlich ist noch die Sitzhöhe von Einfluß, führt doch bereits Taylor Beispiele dafür an, daß durch einfache Veränderung der Sitzhöhe eine Steigerung der Arbeitsleistung erreicht worden ist. Ebenso gehört hierher die Ausgestaltung der sonstigen Geräte des Arbeitsplatzes,



Abb. 65. Zweckmäßig ausgestatteter Arbeitsplatz eines Buchhalters. Der Tisch und die Geräte sind so angeordnet, daß überflüssige Bewegungen vermieden werden.

wie Tischhöhe, Geräteablage usw. Hier sind besonders die Bureauorganisationsfirmen mustergültig und planmäßig in der Ausgestaltung der Bureauarbeitsplätze vorgegangen. Wir fügen deshalb in Abb. 65 einen derartigen Arbeitsplatz an. Mit Recht bezeichnet die Herstellfirma[1]) den Schreibtisch mit Nebengeräten als „Zweckschreibtisch".

Man muß sich bei der Ausgestaltung von Arbeitsplätzen darüber klar sein, daß alle ungünstigen Arbeitsbedingungen die Nutzleistung des Arbeiters verringern.

Ein praktisches Beispiel aus dem Baubetrieb soll ferner noch die Anwendbarkeit und den praktischen Nutzen der vorstehenden Ausführungen verdeutlichen. Trotzdem die Tätigkeit des Mauerns sehr alt

[1]) Herstellfirma: Gebr. Weinmann, Berlin C 19.

ist, hat doch die wissenschaftliche Durchforschung diese Arbeit noch wesentlich verbessern können. Hier ist es der amerikanische Arbeitsforscher Gilbreth gewesen, der auf diesem Gebiete besonders bahnbrechend gearbeitet hat. Er hat die Elemente der Maurerarbeit eingehend

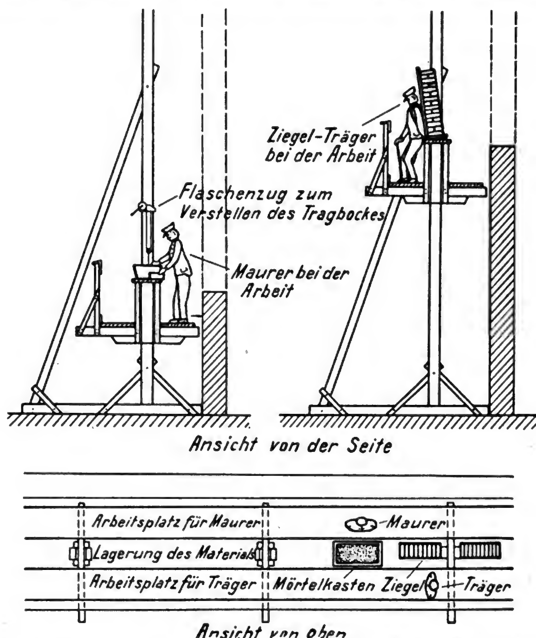


Abb. 66. Ein neuzeitliches Baugerüst (Gilbreth-Gerüst), welches das Bücken des Maurers und Trägers vermeidet, und hierdurch die ungünstigen dynamischen und statischen Beanspruchungen beseitigt.

untersucht und dann die Bewegungen und Geräte verbessert. Unter anderen hat Gilbreth ein neuartiges Baugerüst[1]) geschaffen, das wir in Abb. 66 sehen.

Wie aus der Zeichnung ersichtlich, besteht das Baugerüst aus den

[1]) Herr Baumeister Noack, Dresden hatte die Liebenswürdigkeit, dem Verfasser die Unterlagen für dieses Baugerüst zu überlassen.

feststehenden Ständern und dem beweglichen Tragbock. Auf dem Tragbock befinden sich getrennte Arbeitsplätze für Maurer und Träger, so daß diese sich gegenseitig bei der Arbeit nicht behindern. Ebenso ist das Material besonders handlich für Maurer und Träger angeordnet, so daß hierdurch die statisch außerordentlich ungünstige Beanspruchung für das Bücken fortfällt. Das Arbeiten ist bei diesem Gerüst wesentlich erleichtert, da die ungünstigen Leerlaufsbeanspruchungen stark eingeschränkt sind, und so kann die Arbeitsleistung des Maurers wesentlich erhöht werden, auch sind die Arbeiter dabei weniger der Absturzgefahr ausgesetzt. Außer diesen Vorteilen in bezug auf die Arbeitsleistung



Abb. 67. Das Gilbreth-Gerüst in Betrieb.

hat sich gezeigt, daß der Holzbedarf für das neue Gerüst nur $^1/_3$ von den bisherigen Holzaufwendungen beträgt. In Abb. 67 sehen wir dieses Gerüst auf einer Baustelle im Betriebe. Mit diesem Gerüst werden neuerdings auch in Deutschland Versuche unternommen.

So zeigt dieses Beispiel, daß selbst Tätigkeiten, die außerordentlich lange von Menschen betrieben wurden, noch durch Anwendung der Arbeitswissenschaft vervollkommnet werden können. Weiter sehen wir noch, wie die Ableitungen über die statischen und dynamischen Beanspruchungen hier bei der Ausführung der Geräte und Arbeit in zweckmäßiger Weise berücksichtigt sind.

Die angeführten praktischen Anwendungen dürften die Bedeutung der dynamisch-statischen Beanspruchung bei den schweren körperlichen

Arbeiten gezeigt haben. Wo die Menschenkräfte nicht durch Maschinenkräfte zu ersetzen sind, hat die Arbeitswissenschaft dafür zu sorgen, daß durch Verbesserung der Hilfsmittel und Geräte dem arbeitenden Menschen geholfen wird. Für die Untersuchung der Kräfte stehen uns vorläufig wenig Hilfsmittel zur Verfügung, von denen der nächste Abschnitt die wichtigsten beschreiben wird.

21. Untersuchung der Arbeitskräfte.

Die vorstehenden Betrachtungen dürften die Bedeutung der Arbeitskraft für die Arbeitsleistung des Arbeiters gezeigt haben. Die Arbeitsuntersuchung hat sich deshalb auch mit der Erforschung des Verlaufs der Kräfte zu beschäftigen, um auch hier die für den Arbeiter und die Arbeit günstigsten Bedingungen ermitteln zu können. Die für diese Untersuchungen zur Verfügung stehenden Mittel und Verfahren sind wenig entwickelt, sie beruhen dast durchweg auf der indirekten Messung der menschlichen Arbeitskräfte. Es mag an einigen Beispielen die Technik und Anwendung einiger gebräuchlicher Verfahren erklärt werden.

22. Abdruckverfahren.

Das Verfahren beruht auf dem Abdrücken (Abklatschen) der beanspruchten Körperangriffsstelle auf eine Unterlage. Die Größe der vom Angriffspunkt erhaltenen Abdruckfläche dient alsdann zur vergleichsmäßigen Beurteilung der aufgetretenen Körperkräfte. Als Unterlagen für die Abdruckstellen verwendet man gewöhnlich berußte Papier- und Glasplatten oder auch plastische Massen.

Aus der Größe der bei einer bekannten Kraft sich ergebenden Abdruckfläche läßt sich alsdann der Flächendruck und für andere Abdruckflächen die unbekannte Kraft annähernd bestimmen.

Nehmen wir den Fall an, es soll die Beanspruchung des Wagenführers beim Bedienen verschiedener Bremsarten und bei verschiedenen Bedienungsstellungen untersucht werden (vgl. Abb. 12 und 54). Für die Bedienung der Handbremse sind Handkräfte von 15—25 kg an der Bremskurbel aufzubringen. Bei der Luftdruckbremse hat der Führer nur ganz geringe Bedienungskräfte (2—3 kg) anzuwenden.

Da der Führer die Bedienung der Bremsen bei stehender Körperhaltung ausübt, so tritt die Stützkraft an den Fußsohlen auf.

Um die Größe dieser Stützkraft (+ Körpergewicht) kennen zu lernen, stellen wir die Versuchsperson mit den nackten Füßen auf eine ebene berußte Glasplatte und lassen alsdann die Bedienungsbewegungen für das Bremsen ausführen. Auf diese Weise entstehen Fußabdrücke nach Abb. 68, die selbst bei der starken photographischen Verkleinerung noch deutlich die Unterschiede in den Flächengrößen erkennen lassen. Die Versuche wurden bei stehender und sitzender Körperhaltung durch-

geführt, wobei die Handbremse stets die größten Abdruckflächen lieferte. Die Anwendung des Führersitzes entlastet die Füße erheblich, wie dieses die Abdruckflächen erkennen lassen.

Auf die Ausrechnung der Druckbeanspruchung wurde verzichtet; jedoch wurde zum Vergleich ein Abdruck von der Versuchsperson aufgenommen, wobei eine Last von 30,5 kg gehoben wurde. Das Bild läßt erkennen, daß die 30,5 kg-Abdruckfläche etwa gleich groß mit der Fläche für das Anziehen der Handbremse bei stehender Körperhaltung

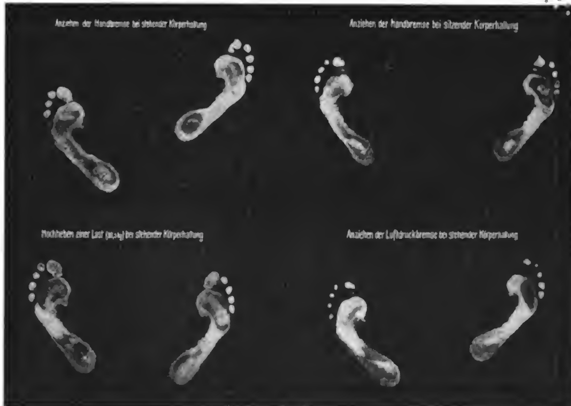


Abb. 68. Die Anwendung des Abdruckverfahrens zur Ermittlung der Beinkräfte bei der Bedienung von Straßenbahnnotbremsen.

ist. Die mit einfachen Hilfsmitteln durchzuführenden Abdruckuntersuchungen sind in ihrer Handhabung umständlich und für die Versuchsperson unbequem.

Für die Bestimmung der statischen Beanspruchungen der Füße dürfte die Anwendung des Verfahrens jedoch wegen seiner einfachen Mittel zu empfehlen sein. Erwähnt sei noch, daß sich für diese Versuche nur Versuchspersonen ohne Plattfußanlagen eignen.

23. Messung der Arbeitskraft durch Gegenkraft.

Die Feststellung der beim Menschen auftretenden Kräfte geschieht bei diesen Untersuchungen dadurch, daß an der jeweiligen Körperstelle eine Gegenkraft angeordnet wird, die der direkt auftretenden

Arbeitskraft das Gleichgewicht hält. Auf diese Weise ist man in der Lage, an den Gelenkpunkten, Bedienungsmitteln, Werkzeugen usw. die auftretenden Kräfte durch Anbringung von Gegengewichten zu ermitteln. Die Gegengewichte müssen hierbei in der jeweiligen Richtung und Ebene des Angriffsgliedes angeordnet werden, damit die maßgebenden Kraftkomponenten richtig gemessen werden.

Mit Hilfe des Verfahrens hat man beispielsweise die Körpergleichgewichtsverhältnisse untersucht, wobei die Gegengewichte an dünnen Schnüren befestigt und über Rollen weitergeleitet wurden.

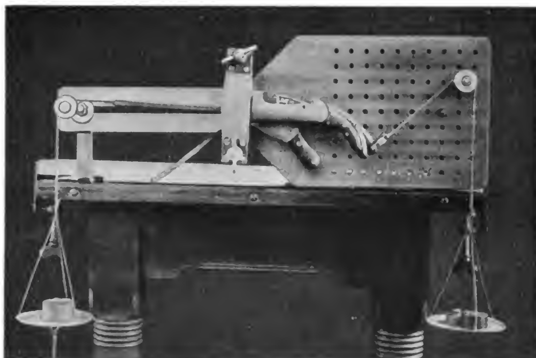


Abb. 69. Messung einer künstlichen Hand durch Auswägen.

Neuere Untersuchungen von Schlesinger[1]) und Meyer haben dieses Untersuchungsverfahren für die Beurteilung künstlicher Glieder benützt.

In Abb. 69 sehen wir die Versuchsanordnung für die Untersuchung einer künstlichen Hand. Wie das Bild zeigt, werden Fingerdruck und die für diesen Druck aufgewandten Kräfte durch Gewichte ersetzt. Die Abb. 70 läßt weiter erkennen, wie der vom Armamputierten erreichte größte Fingerdruck in der gleichen Weise gemessen wird.

In anderen Fällen hat man die bekannten Federkraftmesser (Dynamometer) für die Bestimmung der Gegenkräfte benutzt, wobei die Kraft an einer Teilung abgelesen oder selbsttätig registriert wurde.

Beide Verfahren dürften nur für besondere Zwecke Anwendung finden und sind hier lediglich der Vollständigkeit halber mit aufgeführt worden.

---

[1]) Schlesinger u. Meyer, Werkstattstechnik Nr. 17. 1920.

24. Pneumatische Registrierung der Arbeitskraft.

Die Registrierung durch Benutzung der Luft als Übertragungsmittel lernten wir bereits in einem der vorstehenden Abschnitte kennen. Für die Messung der bei einer Bewegung auftretenden Kräfte am Angriffspunkt muß die bereits beschriebene Versuchseinrichtung etwas umgestaltet werden. Die Registriervorrichtungen bleiben aber die gleichen. Und zwar würden wir am Angriffspunkt einen Federkraftmesser anbringen, der direkt oder indirekt auf das Gummihäutchen der abgeschlossenen Luftkapsel drückt. Die Feder wird sich, je nach der auf sie

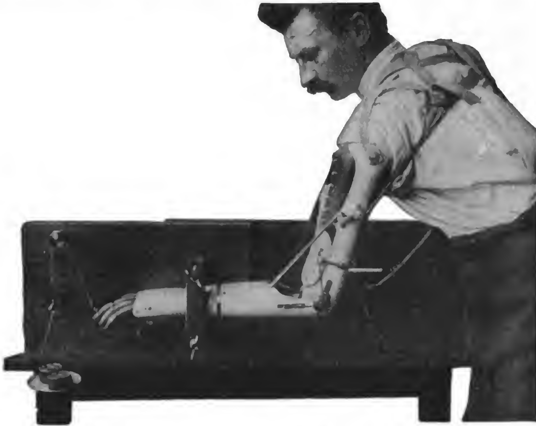


Abb. 70. Feststellung des Fingerdruckes bei einem Armamputierten.

ausgeübten Kraft, durchbiegen und die Gummihaut verschieden eindrücken, so daß der Schreibhebel an der berußten Trommel eine diesen Druckschwankungen entsprechende Kurve aufzeichnet. Der Verlauf der Kraft kann also auf diese Weise annähernd registriert werden.

Praktisch hat man die Untersuchungsmethode beispielsweise zur Untersuchung der Kräfte beim Lastenbewegen angewandt.

In Abb. 71 sieht man hierfür die Anordnung der verschiedenen Federkraftmesser mit Registrierschläuchen. Die einzelnen Gerätegriffe wurden mit den Federkraftmessern verbunden, die, je nach Handkraft, die Gummihäutchen betätigten, so daß auf diese Weise der Arbeitsvorgang genau registriert werden konnte.

Handelt es sich in dem vorerwähnten Beispiel um die Registrierung ziemlich großer Körperkräfte, so gestattet doch das Verfahren auch die Messung der allerfeinsten Kräfte, wie sie beispielsweise beim Schreiben auftreten. Die Abb. 72 zeigt den Verlauf des Federdruckes für bestimmte Buchstaben und Zahlen, der ebenfalls mit Hilfe des pneumatischen Verfahrens registriert wird. Die Kurven lassen erkennen, daß auch die kleinsten Bewegungskräfte noch deutliche Unterschiede bei der Registrierung zeigen. Für die vorstehenden Versuche benutzt man gewöhnlich einen Federhalter, dessen Schreibfeder an einer anderen Registrierfeder befestigt ist, die schließlich das Gummihäutchen bewegt. Oder man legt das Schreibpapier direkt auf eine dünne Gummihaut, so daß der Schreibdruck sich direkt überträgt.



Abb. 71. Praktische Anwendung des pneumatischen Registrierverfahrens.

Die Anbringung der Federkraftmesser, Luftkapseln, Registrierschläuche usw. ist nicht überall möglich, stört oft den Arbeitsgang und erfordert fast stets erhebliche Kosten. Deshalb wird die pneumatische Registrierung der Arbeitskräfte auch nur in besonderen Fällen zur Anwendung kommen.

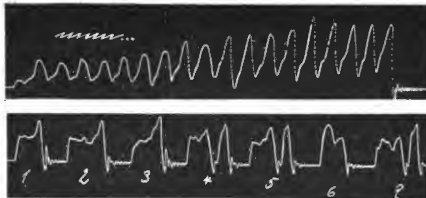


Abb. 72. Beispiel für die pneumatische Registrierung sehr feiner Druckbewegungen. Das Bild zeigt den Verlauf der Druckbewegungen beim Schreiben.

25. Eine arbeitswissenschaftliche Untersuchung verschiedener Straßenbahnnotbremsen.

Die Straßenbahnnotbremsen bilden die wichtigsten Sicherheitsmittel für den Straßenbahnwagen, versagen diese Einrichtungen aus technischen oder menschlichen Bedienungsgründen, so können die größten Gefahren für Fahrgäste und Straßenbenutzer entstehen. Deshalb haben sich mit Recht die Fachleute mit den technischen Bedingungen der verschiedenen Bremsarten sehr eingehend beschäftigt, so daß wir von einer Behandlung der technischen Fragen absehen können.

Die menschliche Bedienung dagegen wurde bisher hierbei nicht oder verhältnismäßig oberflächlich behandelt. Und doch wird die Bremseinrichtung durch die menschliche Bedienung erst zur Vorrichtung, die das Fahrzeug auf kürzerem oder längerem Wege richtig zum Stillstand bringt. Es müssen die Bremseinrichtungen daher auch von dieser Seite erforscht und beurteilt werden. Diesen Versuch wagt die vorliegende Untersuchung in Angriff zu nehmen.

Die Bedienungsverhältnisse der Wagenführer wurden bisher fast nur nach rein technischen Gesichtspunkten behandelt. In anderen Fällen waren wirtschaftliche Bedingungen für ihre Anordnung maßgebend. Die menschlichen Fähigkeiten und Bewegungsbedingungen wurden fast stets vergessen oder vernachlässigt. So entstanden, wie bereits erwähnt, bei der gleichen Straßenbahnverwaltung oft 10 und mehr Anordnungen der Bedienungsmittel.

Fast stets beeinflußten Meinungen und Ansichten die Anordnung der Bedienungsmittel, so daß es wohl an der Zeit ist, über diese wichtigen Fragen Klarheit zu schaffen.

Wir haben an den verschiedensten Beispielen gesehen, daß die günstigsten menschlichen Arbeitsbedingungen für bestimmte Verhältnisse nach arbeitswissenschaftlichen Grundsätzen erforscht und festgelegt werden können. Das Ideal würde demnach sein, wenn ohne Rücksicht auf die bestehenden Ausführungen der Bedienungsmittel die zweckmäßigste Normalanordnung ermittelt würde, die alsdann mit den technisch-wirtschaftlichen Bedingungen einen Ausgleich (Kompromiß) zu bilden hätte. Dieses dürfte auch das Ideal der Normalisierung sein. Doch die wirtschaftlichen Verhältnisse zwingen uns, daß mit den vorhandenen Mitteln weitergearbeitet wird, und daß diese, soweit als möglich, weiter verwendet werden. Deshalb ist es auch hier unsere Aufgabe, unter den bestehenden Ausführungen die für den bedienenden Menschen günstigste zu erforschen.

Für die Bedienung der Bremsen hat die Zeit eine große Bedeutung in den Gefahrfällen, das beweisen besonders die folgenden Tatsachen:

Tabelle 11.

Unterweisung für die Bedienung der elektrischen Notbremse.
Führerstand Abb. 12, Bewegungsbild Abb. 56.

Bedienungsvorgang	Bedienungsglied	Bedienungsmittel	Handgriffszeit
A. Körperhaltung.			
1. Gerade, aufrechte Haltung			
2. Gesicht nach vorn			
3. Füße stark gespreizt			
B. Bedienungsstellung „Fahrt“			
1. Anfassen der Bremskurbel nach Abb. 12	rechte Hand	Handbremskurbelgriff	
2. Anfassen der Fahrkurbel nach Abb. 12	linke Hand	Fahrkurbelgriff	
3. Fuß auf Warnungsglocke	rechter Fuß	Warnungsglockenstöpsel	
C. Notbremsbedienung			Abb. 75
1. Fahrkurbel auf Bremse (3) bewegen	linke Hand	Fahrkurbelgriff	
2. Fuß von der Warnungsglocke zur Fußsperrklinke (Bremse) bewegen	rechter Fuß	Zwischenbewegung	
3. Fuß gegen die Sperrklinke drücken	rechter Fuß	Fußsperrklinke	
4. a) Bremskurbel anziehen	rechte Hand	Bremskurbelgriff	
b) leer zurück	rechte Hand		
c) erneutes Anziehen	rechte Hand		
5. Fahrkurbel loslassen, Bewegung zum Sandstreuer	linke Hand	Zwischenbewegung	
6. Sandstreuer aufziehen	linke Hand	Sandstreuergriff	
7. Sandstreuer loslassen, Bewegung zur Fahrkurbel	linke Hand	Zwischenbewegung	
8. Fahrkurbel auf Bremsschluß bewegen	linke Hand	Fahrkurbelgriff	
9. Fahrkurbel loslassen, Bewegung zum Sandsteuer	linke Hand	Zwischenbewegung	
10. Sandstreuer aufziehen (Warnungsglocke läßt sich nicht betätigen, siehe C 3)	linke Hand	Sandstreuergriff	
Gesamte Bedienungszeit . . Sek.	—	—	2,75
Bedienungsmittel	—	4	—
Bedienungsglieder	3	—	—
Bedienungsbewegungen	10	—	—

Da die meisten Straßenbahnen Höchstgeschwindigkeiten von 25 bis 30 km/Std. haben, so beträgt der Weg, der in einer Sekunde vom Fahrzeug zurückgelegt wird, etwa 7—8,5 m. Die geringste zeitliche Ver-

Tabelle 12.

Unterweisung für die Bedienung der Luftdruck-Notbremse.
Führerstand Abb. 54, Bewegungsbild Abb. 74.

Bedienungsvorgang	Bedienungsglied	Bedienungsmittel	Handgriffszeit
A. Körperhaltung.			
1. Gerade, aufrechte Haltung			
2. Gesicht nach vorn			
3. Füße leicht gespreizt			
B. Bedienungsstellung „Fahrt".			
1. Anfassen des Bremshebels nach Abb. 54	rechte Hand	Bremshebelgriff	
2. Anfassen der Fahrkurbel nach Abb. 54	linke Hand	Fahrkurbelgriff	
3. Fuß auf Warnungsglocke	rechter Fuß	Warnungsglockenstöpsel	
C. Notbrems-Bedienung.			
1. Fahrkurbel auf „Aus" bewegen	linke Hand	Fahrkurbelgriff	Abb. 44
2. Bremshebel auf „Not" bewegen	rechte Hand	Bremshebelgriff	
3. Fahrkurbel loslassen, Bewegung zum Sandstreuer	linke Hand	Zwischenbewegung	
4. Sandstreuer aufziehen	linke Hand	Sandstreuergriff	
5. Warnungsglocke betätigen	rechter Fuß	Warnungsglockenstöpsel	
Gesamte Bedienungszeit . . .	—	—	0,87
Bedienungsmittel	—	3	—
Bedienungsglieder	2	—	—
Bedienungsbewegungen . . .	4 (5)	—	—

zögerung in oder bei der Bedienung, beträgt sie auch nur Sekundenbruchteile, verlängert den Bremsweg und vergrößert hiermit die Gefahr. Es ergibt sich hieraus, daß bedienungstechnisch die schnellste Bedienung die günstigste Form darstellt.

Nach diesen einleitenden Vorbemerkungen wählen wir für die Untersuchung zwei verschiedene Bremsarten und Bedienungsmittelanordnungen und zwar die sogenannte elektrische Bremse und die Luftdruckbremse. Die erste Bremse wird mit Elektrizität in Verbindung mit der Handkraft des Führers, während die andere durch hochgespannte Preßluft ohne nennenswerte Körperkräfte betätigt wird. Die Bedienungsmittel für beide Bremsarten sehen wir in Abb. 12 und 54. Die Bilder zeigen in beiden Fällen die Bedienungsstellung der Führer, von denen die Bremsung ausgeht. Die Erklärung der einzelnen Bedienungsmittel erfolgt später an Hand der Bewegungsbilder. Damit die Versuche einheitlich durchgeführt werden, legen wir die Bedienung in einer

genauen Anweisung für beide Bremsarten fest. Diese Unterweisungen (Tabelle 11 und 12) enthalten alle Einzelheiten der Bedienung, so daß weitere Erklärungen hierzu wohl überflüssig sind.

Alle Untersuchungen werden an dem auf Abb. 73 gezeigten ruhenden Führerstand vorgenommen, der mit den Bedienungseinrichtungen für beide Bremsarten versehen ist. Aus dem Bilde ist ferner die Anordnung der bereits beschriebenen Registrier- und Meßapparate für diese Untersuchung zu ersehen.

Als erster zu untersuchender Einfluß kommt die Umgebung in Betracht. Hier ist es besonders die niedrige Temperatur im Winter, die



Abb. 73. Versuchsanordnng zur Messung von Bedienungszeiten für Staßenbahnnotbremsen. Die Zeit wurde mittels Doppelregistrierapparat gemessen (vgl. Abb. 42).

bei den offenen Führerständen die Treffsicherheit der Armbewegungen ungünstig beeinflußt, da die elektrische Bremse für ihre gute Wirkung treffsichere Bewegungen der Fahrkurbel erfordert. Bei der Luftdruckbremse handelt es sich im Gefahrfalle um eine einfache Bewegung, die von selbst durch die Endstellung begrenzt wird. In bezug auf die sonstigen äußeren Störungen wäre noch hinzuzufügen, daß der Arbeitsraum bei der elektrischen Bremse, besonders durch die Fahrgäste, mehr beeinflußt wird als bei der Luftdruckbremse, da die Bewegungen erheblich größere Maße haben (vgl. Abb. 56). Dieser Punkt ist besonders bei sehr starker Besetzung der Plattform mit Fahrgästen von Einfluß. Als sonstige Einflüsse kämen weiter einige allgemeine persönliche Anforderungen in Betracht. Der Angriffspunkt der Handbremse,

welche mit der elektrischen Bremse stets gemeinsam bedient wird, liegt erheblich höher als derjenige der Luftbremse; er erfordert daher größere Leute und wirkt auf den Arm ermüdend ein. Weiter hat die Erfahrung gezeigt, daß es Leute gibt, die nie ganz fest in den Bremsgriffen der elektrischen Notbremse werden. (Die Eignungsuntersuchung scheidet diese Leute von vornherein aus.) An die Anlernungs- und Übungsfähigkeit des Führerlehrlings werden daher bei der elektrischen Bremse größere Anforderungen gestellt. Die Anlernzeit für elektrische- und Luftdruckbremse verhält sich denn auch wie 1 : 3. Ferner verlangt die Bedienung der (elektrischen) Handbremse erhebliche Körperkräfte (20—30 kg) vom Führer. Der Bremsvorgang selbst verlangt nun weiter vom bedienenden Menschen bei der elektrischen Bremse eine ganz er-

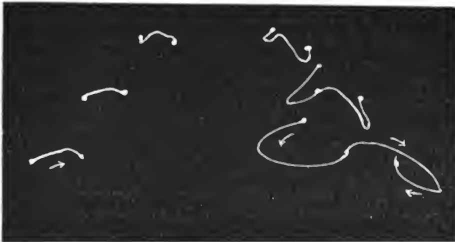


Abb. 74. Bewegungsbild bei der gewöhnlichen Punktbewegungsphotographie (Abb. 55). Die Versuchsperson hat die Bedienungsbewegungen für die gewöhnliche Luftdruck-Notbremse ausgeführt (Abb. 54).

hebliche Mehrarbeit an Überlegung, Einstellung, Augenmaß, Körperkraft, Bewegungsweg und Geschwindigkeit für die Bewegungen, als bei der Luftdruckbremse. Betrachten wir einmal die Bedienungsvorgänge im Bilde, die wir mit Hilfe der Punktbewegungsphotographie aufgenommen haben (Abb. 56). Wir sehen hier zunächst, daß die Bedienung der elektrischen Bremse von den Armen insgesamt 10 neue Bewegungen erfordert. Die Bewegungen des rechten Armes verlangen außerdem noch eine erhebliche Bedienungskraft an der Handbremskurbel. Außerdem muß der Fuß bei dieser Bremse eine Kraftbewegung ausführen, er drückt kräftig gegen einen Hebel (nicht auf der Abbildung ersichtlich).

Die Abb. 56 zeigt deutlich diese verwickelten Bedienungsbewegungen durch die ungleichmäßig verlaufenden Bewegungsbahnen. Vergleichen wir hierzu die Bedienung der Luftbremse nach Abb. 74, so ersieht man aus dem Bewegungsbilde, daß von den Armen insgesamt 4 neue Bewegungen vollführt werden müssen. Der Fuß wird hierbei nicht be-

nötigt, und die Bewegungen erfordern ferner eine viel geringere Handkraft.

Je mehr neue Bewegungseinstellungen ein Arbeitsvorgang erfordert, um so schwieriger ist er auszuführen. Die Gefahr der falschen Einstellungen ist um so größer, je häufiger die Bewegungseinstellung wechselt. Somit muß die Überlegungs- und Einstellungsarbeit bei der elektrischen Bremse eine erheblich größere sein, als bei der Luftdruckbremse.

In räumlicher Beziehung erkennt man aus den Bildern, daß die Bewegungsbahnen der Luftdruckbremse kleiner sind, als bei der elektrischen Bremse. Je größer nun die Bewegung ist, um so größere Körperglieder müssen erregt und in Bewegung gesetzt werden, und um so längere Zeit dauert der Bewegungsvorgang.

Aus dem räumlichen Verlauf der Bewegungen geht hervor, daß die Bewegungen der Luftdruckbremse einen ineinanderfließenden Verlauf nehmen, während die der anderen Bremse ruckartig und recht durcheinander verlaufen. Besonders zeigen die eckigen, plötzlich wechselnden Bewegungsbahnen der Arm- und Schultergelenke (Abb. 56 rechter Arm), daß die Bewegung des Körpers ruckartig verläuft.

Die Bewegungskräfte und das Körpergleichgewicht können bei diesen ruckartigen Bewegungen für den bedienenden Menschen als ungünstig bezeichnet werden, denn eine Bewegung ist um so leichter und einfacher auszuführen, je regelmäßiger sie verläuft. Wir können also feststellen, daß die dynamisch-statischen Bedingungen bei der Bedienung der elektrischen Notbremse ungünstiger sind. Besonders haben die Beine die ganzen Körpererschütterungen und Kräfte aufzunehmen. Einen Maßstab für die ungefähre Beanspruchung der Füße bei der Bedienung der beiden Bremsen liefert die Abdruckfläche der Füße nach Abb. 68 (Beschreibung des Versuchs Abschnitt V, 22).

Wir sehen hier zunächst ein Bild der Abdruckflächen bei stehender und sitzender Bedienung der Handbremse (elektrische). Die Flächen bei der sitzenden Bedienungsweise sind bedeutend kleiner, außerdem zeigt sich, daß die Zehen sich bei der stehenden Bedienung stark durchgedrückt haben, denn ihre Flächen erscheinen selbst in dem verkleinertem Maßstab noch größer, als bei der anderen Bedienungsart. Das Bild zeigt außerdem (unten rechts) die Bedienungskräfte bei der Luftdruckbremse. Auch hier lassen besonders die Zehenabdruckflächen die geringe Beanspruchung der Füße erkennen. Zum Vergleich hat die Versuchsperson schließlich ein 36,5 kg schweres Gewicht gehoben. An Hand dieser 36,5 kg-Abdruckflächen kann man sehen, daß die Fußkräfte bei der Bedienung der elektrischen Bremse etwa dieser Vergleichskraft entsprechen. Die Beanspruchung der Füße ist besonders von Wichtigkeit für die gesundheitliche Abnutzung der Führer, da sich als Berufskrankheiten Plattfüße und Krampfadern ergeben haben.

Ein Führersitz vermindert wohl die ungünstigen Fußkräfte der elektrischen Bremse, behindert hingegen die Bedienungsbewegungen. Während bei der Luftdruckbremse ein Führersitz nur einen günstigen Einfluß auf die Bedienung und Gesundheit haben kann, da die Füße nicht für die Bedienung der Bremse gebraucht werden.

Zurückkommend auf den zeitlichen Verlauf der Bedienungsbewegungen betrachten wir Abb. 44 und Abb. 75. Bezüglich der Aufnahmetechnik für die Zeitmessung des letzten Bildes sei auf Abschn. V, 12 verwiesen. Aus den Bildern ist zu ersehen, daß der gesamte Bedienungsvorgang bei der elektrischen Bremse $^{275}/_{100}$ Sekunden und bei der Luftdruckbremse $^{87}/_{100}$ Sekunden erfordert. Die Bedienungszeiten der beiden Bremsarten verhalten sich demnach bei unserer Versuchsperson

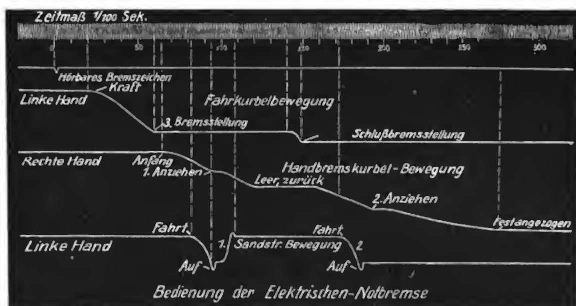


Abb. 75. Bedienungszeiten für die „elektrische Notbremse“.

wie 1 : 3. Mit Rücksicht auf die kurze Bedienungszeit ist die Luftdruckbremse der elektrischen Bremse damit erheblich überlegen.

Zum Schlusse müßte noch kurz die psychophysische Beanspruchung untersucht werden. Da es sich um Gefahrvermeidungstätigkeiten handelt, so vollführt der bedienende Mensch die Bewegungen unter außerordentlich ungünstigen Verhältnissen. Die Gefahrserscheinungen erzeugen häufig Schreck-, Angst-, Flucht-, Ohnmachts- und sonstige unfreiwillige Zustände beim Menschen. In allen diesen Fällen vollführt der Mensch die unbewußten Reflexbewegungen, d. h., er fährt beim Schreck zusammen, läuft fort bei Angst- und Fluchtgedanken usw. In den meisten Fällen werden nun als Reflexbewegungen anziehende Armbewegungen ausgeführt. Die Notbremsbedienungen müssen also möglichst im Sinne dieser Reflexbewegungen verlaufen, damit sie im Gefahrfalle vom Führer unbewußt durch das Auslösen des Reflexes

vollführt werden. Die Abb. 74 zeigt, daß besonders die Luftbremse dieser letzten Forderung im hohen Maße gerecht wird. Die Bedienungsbewegung der elektrischen Bremse verläuft anfangs auch im Sinne des Reflexes, wechselt aber später die Richtung; aus der Zugbewegung wird alsdann eine Druckbewegung (Handbremse). Weiter setzen die außerordentlich ungünstigen seelischen Zustände der Gefahr bei vielen Menschen die Überlegung fast ganz außer Kraft. Es steht das Wissen und Können im Gefahrfalle den meisten Menschen einfach nicht zur Verfügung, die Bewegungen werden hierdurch oft gar nicht, fehlerhaft oder zu spät ausgeführt. Je schwieriger nun die Überlegungen für die Bedienungen sind, um so mehr Bewegungen können natürlich falsch gemacht oder vergessen werden. Auch hier steht die elektrische Bremse der Luftbremse sehr weit nach. Für den Bremsvorgang ist besonders der letzte Umstand von weittragender Bedeutung. Außerdem ist noch zu erwähnen, daß von der elektrischen Bremse im Gefahrfalle Armtreffbewegungen verlangt werden, d. h., es müssen einzelne Bedienungsstellungen richtig getroffen werden. Diese Bedingungen können daher nur außerordentlich geistesgegenwärtige Leute erfüllen. Ohne Zweifel dürften ferner die Führer durch die größeren körperlichen Anstrengungen bei der Beanspruchung durch die gewöhnliche elektrische Betriebsbremse mehr ermüden, als bei der Luftbremse.

Aus diesen Überlegungen und an Hand der versuchsmäßig erhaltenen Ergebnisse geht hervor, daß die Luftdrucknotbremse vom bedienungstechnischen Standpunkt der elektrischen Notbremse überlegen ist. Es ist ferner noch hervorzuheben, daß die tatsächlichen Betriebsverhältnisse mit den verschieden ablenkenden und störenden Bedingungen noch ungünstigere Werte liefern werden, als sie die an einem ruhenden Führerstand vorgenommenen Untersuchungen gezeitigt haben. Auch sei noch erwähnt, daß einige dieser Versuche bereits von Fachleuten nachgeprüft[1]) und in ihren Ergebnissen bestätigt worden sind.

Unsere Aufgabe wäre hiermit eigentlich erledigt, da wir die verhältnismäßig günstigste Bedienungsanordnung ermittelt haben. Der Praxis ist jedoch mit dem negativen Befund der elektrischen Bedienungsart wenig gedient, da sie die elektrischen Bremsen infolge anderer technisch-wirtschaftlicher Umstände und Bedingungen beibehalten will. Es gilt demnach noch die Frage zu untersuchen: Wie lassen sich die Bedienungsbedingungen günstiger gestalten?

Um diese Frage beantworten zu können, sind wir gezwungen, die Versuche unter veränderten Bedingungen nochmals durchzuführen. Und zwar verändern wir hierzu die örtliche Lage der Bedienungsmittel, die Bedienungsweise usw. Auf die Anführung dieser einzelnen Versuchsbedingungen nebst Ergebnissen muß hier verzichtet werden; es sollen

[1]) Sauveur, Zeitschrift „Verkehrstechnik" Nr. 9, 1920, Berlin.

lediglich zwei Bewegungsbilder gezeigt werden, die für beide Bremsarten günstigere Bedienungsverhältnisse ergeben, als wir sie bisher kennen gelernt haben.

Die Abb. 76 zeigt die Bedienung bei der Luftdruckbremse, während die Abb. 77 die verbesserten Bedienungsbewegungen der elektrischen

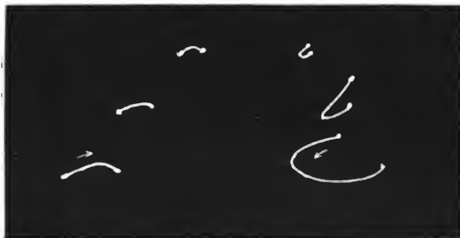


Abb. 76. Die Bedienung und Geräte der Luftdruckbremse nach Abb. 74 wurden auf Grund der Arbeitsuntersuchungen so vereinfacht, daß sich die folgenden Bewegungen ergaben.

Bremse darstellt. Die Verlegung und Umänderung der Bedienungsmittel hat in beiden Fällen wesentlich günstigere Bedienungsformen geschaffen. Doch bleibt die Luftbremse der elektrischen Bremse immer noch erheblich in der Bedienung überlegen.



Abb. 77. Die Bewegungsaufnahme zeigt eine auf Grund von Arbeitsuntersuchungen verbesserte Bedienung der elektrischen Bremse (vgl. Abb. 12).

An Hand der Bilder kann der Beobachter eine Analyse der Bedienungsbewegungen selbst vornehmen.

So zeigen wohl besonders die letzten beiden Bilder, welch praktischer Nutzen aus derartigen Untersuchungen gezogen werden kann, und wie

diese Untersuchungen mitbestimmend bei der Anordnung der Bedienungsmittel angewandt werden können.

Am Schlusse dieses Beispiels muß nochmals betont werden, daß sich die gesamten Ableitungen lediglich auf die Bedienung der beiden Bremsarten beziehen. Ein Werturteil in technischer Beziehung für die Bremsarten kann nur aus der Untersuchung der technisch-wirtschaftlichen Einflüsse gewonnen werden. Die Untersuchungen mögen zur Ergänzung dieses Werturteiles nicht außer acht gelassen werden, daß die Arbeitsleistung, in unserem Falle Betriebssicherheit, um so höher ist, je mehr die Bedienungsmittel und die Bedienungsvorgänge dem Menschen angepaßt werden.

26. Übungsfähigkeit und Arbeitsleistung.

Durch die Lebenserfahrungen wissen wir, daß fast jede Tätigkeit mehr oder weniger durch die Wiederholung geübt wird und hierdurch nach und nach eine gewisse Höchstleistungsgrenze, die „Übungsgrenze“, erreicht. Die Erfahrung lehrt weiter, daß die Übungsgrenze bei verschiedenen Tätigkeiten kürzere oder längere Wiederholungszeiten erfordert. Aber nicht nur die Arbeitsart, sondern auch der Mensch hat erheblichen Einfluß auf die Übungsfähigkeit (vgl. Abb. 78).

Dieses zeigt die tägliche Beobachtung, wenn beispielsweise zwei Arbeiter die gleiche Leistung zu verrichten haben. Der eine vollführt bei kürzerer Arbeitszeit eine bessere Arbeitsleistung als der andere. Die Menschen sind demnach auf Grund ihrer persönlichen Anlagen und Fähigkeiten verschieden übungsfähig für gleiche Arbeitsarten. Also auch hier spielt die persönliche Arbeitseignung eine wichtige Rolle.

Die Anlernung, Ausbildung und Arbeitsverteilung muß die Übungsfähigkeit des Menschen berücksichtigen, wenn die Leistung wirtschaftlich und für den Arbeiter erfolgreich sein soll. Geschieht dieses nicht, so werden Arbeitszeiten nutzlos auf die Erreichung der Übungsgrenze verschwendet, die Anlernungs- oder Ausbildungszeiten werden meistens bedeutend verlängert, erfordern erheblich mehr Zeit und Mühe, um oft doch nur ungeeignete Arbeiter zu zeitigen.

Abb. 78 zeigt, daß der Arbeiter mit zweifelhafter Eignung fast durchweg nur die halbe Leistung des gut geeigneten erreicht. Der zweifelhafte Arbeiter würde also hier etwa 4—5 Übungstage mehr für die Ausbildung notwendig haben, um die erforderliche Übungsgrenze zu erreichen, er hat nach etwa 140 Arbeitstagen immer noch eine Minderleistung von 35%.

Für Betriebe, die jährlich viele 1000 Arbeiter neu anzulernen oder auszubilden haben, entstehen durch Arbeiter mit zweifelhafter Übungsfähigkeit ganz erhebliche Nachteile. Ebenso ist dem Arbeiter ganz

und gar nicht damit gedient, daß er eine Tätigkeit eingeübt erhält, für die er nicht die nötige Übungsfähigkeit besitzt, denn er wird beim besten Willen nicht das Höchstmaß erreichen können. Dieses praktische Beispiel, auf das wir später nochmals zurückkommen, zeigt den Einfluß der Übungsfähigkeit in persönlicher Beziehung. Weiter ergibt sich aus den vorstehenden Tatsachen, daß die Übung bestimmter Tätigkeiten eine gewisse Übungsfestigkeit im Menschen hinterläßt. Der Erfolg der Übung geht also nach langer Zeit nicht restlos verloren, sondern die erreichte Übungsfestigkeit hält sich gleichsam im Körper angesammelt vorrätig und nimmt mit der Zeit ab. Aus diesem Grunde müßte bei geübten Leistungen die Unterbrechungszeit der

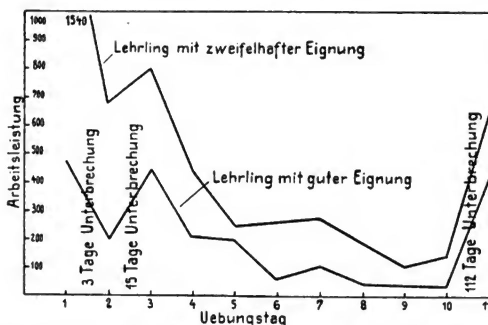


Abb. 78. Verlauf der Übungsfähigkeit für geschickte Treff-Drehbewegungen. Die Übungskurve zeigt besonders den ungünstigen Einfluß der Unterbrechungszeit.

Arbeit, wie sie Krankheiten, andere Arbeitsverteilungen u. a. Umstände mit sich bringen, berücksichtigt werden. In solchen Fällen, wo die Übungsfestigkeit stark nachgelassen hat, müßten also neue verkürzte Ausbildungen, sogenannte Nachbildungen, einsetzen, die die Übungsgrenze wiederherstellen. So könnte selbst die Eignungsuntersuchung für ausgebildete und berufserfahrene Arbeiter zur Feststellung der besonderen Berufsübungsgrenze und -festigkeit bei der Einstellung der Arbeiter zur Anwendung kommen. Je nach Übungsfestigkeit könnten die Arbeiter eine besondere Anlernung erhalten, oder es würde überhaupt von der Einstellung abgesehen werden. Bei der praktischen Arbeit fällt jedenfalls der Übungsfähigkeit eine wichtige Aufgabe zu, deshalb wird sich die Arbeitswissenschaft sehr eingehend mit diesen

Fragen zu beschäftigen haben. Es wird für die verschiedenen Tätigkeiten festzustellen sein, inwieweit sie von der persönlichen Übungsfähigkeit abhängig sind, wo die durchschnittliche Übungsgrenze liegt, welchen Einfluß Ermüdung, Arbeits- und Erholungszeit haben usw.

Nach den vorliegenden Forschungsergebnissen verläuft die Übungsfähigkeit bei den verschiedenen Tätigkeiten verschieden. Einige besondere Übungskurven sollen daher nachstehend näher besprochen werden.

Den Verlauf der Übungsfähigkeit bei vorwiegend geistiger Betätigung hat Kraepelin eingehend untersucht. Kraepelin hat

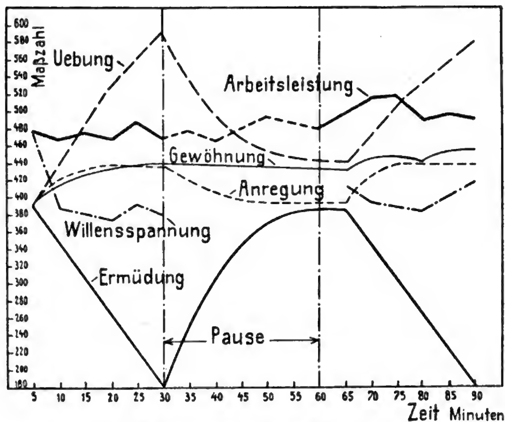


Abb. 79. Arbeitskurve nach Kraepelin.

hierfür die in Abb. 79 wiedergegebene Arbeitskurve gefunden. Die Abbildung zeigt, wie die verschiedenen Faktoren der Ermüdung, Gewöhnung, Anregung, Willensspannung, Pause und Übung die geistige Arbeitsleistung beeinflussen. Die Kurve wurde aus den Kraepelinschen Rechenversuchen abgeleitet, deren Aufbau wir später noch (Abschnitt V, 31) kurz behandeln werden.

Inwieweit die angeführten Einzelkomponenten die praktische Tätigkeit beeinflussen, ist heute noch so wenig geklärt, daß wir sie nicht als allgemein gültig bezeichnen können. Jedenfalls haben die einzelnen Faktoren für die verschiedenen Tätigkeiten eine andere Bedeutung, und wird aus diesem Grunde der Verlauf der Arbeitsleistung und Übungs-

fähigkeit wahrscheinlich, je nach Art der Tätigkeit, ein anderer sein. Es ist deshalb zweifelhaft, ob ein allgemein gültiges Übungsgesetz, wie es bisher häufig angenommen wurde, für alle Tätigkeiten besteht.

Beispielsweise nimmt die Arbeitsleistung für das Erlernen des Telegraphierens[1]) einen anderen Verlauf wie die bisher angeführten Kurven (vgl. Abb. 80). Die Tätigkeit des Telegraphierens erfordert außer geistigen Fähigkeiten noch rein körperliche Tätigkeiten. Die Kurven wurden von Bryan und Harter[1]) gefunden, deren Untersuchungen sich eingehend mit den einzelnen psychophysischen Bedingungen beschäftigten. Betrachten wir die Kurve über das Aufnehmen der Telegraphensprache, einer Tätigkeit, die vorzugsweise durch das Gehör besorgt wird, so ersieht man, daß diese Tätigkeit erheblich langsamer erlernt wird, als das Abgeben der Telegramme. Der Verlauf

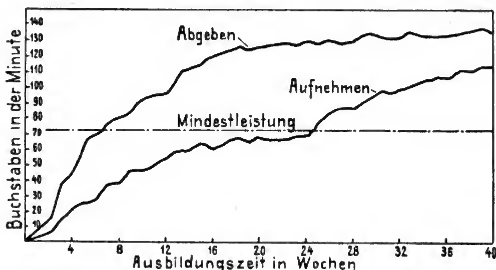


Abb. 80. Verlauf der Übungsfähigkeit für das Erlernen des Telegraphierens.

der Aufnahmetätigkeit läßt erkennen, daß nach etwa 18 Ausbildungswochen ein Abschnitt eintritt, wo überhaupt keine Zunahme der Übungsfähigkeit eintritt. Man könnte sagen, es ist eine vorläufige Übungsgrenze erreicht. Diesen Abschnitt hat man dadurch erklärt, daß in dieser Zeit die Übungsfähigkeit für die sonstigen Umgebungsfaktoren verbraucht wird; diese verhindern vorläufig, daß die eigentlich gemessene Übungsfähigkeit des Telegraphierens weiter ansteigt. Hätte man die Übungsfähigkeit der Umgebungsfaktoren auch gemessen, so würde sich hier ein ständiges Ansteigen der Übungskurve gezeigt haben. Nachdem sich die Übungsfähigkeiten für die beteiligten Fähigkeiten das Gleichgewicht halten, steigt die Übungsfähigkeit in der 25. Woche von neuem an und erreicht ihre Grenze in der 40. Ausbildungswoche.

Es läßt sich von dem Beispiel ableiten, daß die Übungsfähigkeit bei dieser Tätigkeit nicht für alle beteiligten Fähigkeiten gleichmäßig

[1]) Bryan und Harter, Studies in telegraphic language. Psych. Rev. 1894, Vol. 4.

zunimmt. Man könnte unter Vorbehalt sagen, daß die Übungsfähigkeit um so regelmäßiger verläuft, je weniger Fähigkeiten gleichzeitig geübt werden.

Demnach wäre bei den zusammengesetzten Tätigkeiten zu überlegen, ob es zweckmäßiger ist, jede Fähigkeit bis zu einer gewissen Grenze einzeln zu üben, und alsdann nach und nach sämtliche Fähigkeiten zu verbinden und gemeinsam zu üben. Der Verfasser hat für viele zusammengesetzte Tätigkeiten diesen Weg eingeschlagen und durchweg eine erhebliche Abkürzung der Anlernzeit erreicht (s. Bd. 2).

Zurückkommend auf das eingangs erwähnte Beispiel (Abb. 78), wollen wir die Kurven noch von der übungstechnischen Seite betrachten. Die Kurven wurden für Armdrehbewegungen ermittelt, wo die Hand stets bestimmte Bedienungsstellungen zu treffen hatte (ähnlich der Fahrreglerbedienung bei Straßenbahnen). Als Maßstab wurden die Fehlbewegungen und gebrauchten Zeiten benutzt; hieraus wurde das Produkt gebildet. Die meisten Fehler, gepaart mit der größten Zeit, stellten somit den ungünstigsten Wert der Übungsfähigkeit dar. Der Verlauf der Übungsfähigkeit bewegt sich in absteigender Richtung. Die Übungskurven lassen weiter erkennen, welchen Einfluß die Unterbrechungszeit und die persönliche Übungsfähigkeit haben. Eine Unterbrechungszeit von 15 Tagen vermindert hier die Übungsfestigkeit um etwa 50%, nach 112 Unterbrechungstagen tritt sogar eine Verminderung um rund 400% ein. Wie der Verlauf der beiden Kurven erkennen läßt, hat die Unterbrechungszeit bei beiden Leuten den gleichen Einfluß.

Weiter zeigt dieses Beispiel, daß es auch verhältnismäßig einfache Tätigkeiten gibt, die nicht durch eine Übung vom Menschen erlernt oder ausgeglichen werden können, wenn die Menschen hierfür nicht die erforderlichen Anlagen besitzen. Im vorstehenden Falle wurden beide Personen in der gleichen Weise ausgebildet und geübt, später erhielten sie beide die gleiche Beschäftigung. Trotzdem blieb der von Anfang an zweifelhafte stets hinter dem für diese Tätigkeit gut geeigneten Mann zurück.

Für die Tätigkeiten und Arbeiten ist deshalb zu fordern, daß nur gut geeignete Leute eingeübt werden, denn nur diese werden den praktischen Lebensverhältnissen standhalten können und bei der Arbeit das Höchstmaß leisten.

Außer den bereits genannten Faktoren verändert sich die Übungsfähigkeit und Anlernfähigkeit mit dem Alter, wie die Abb. 6 erkennen läßt. Auch Schlaf, Ernährung, Genußmittel u. a. Lebensverhältnisse haben Einfluß auf den Verlauf der Übungsfähigkeit, wie uns z. B. Abb. 7 deutlich den Einfluß des Alkoholgenusses vor Augen führt.

Von nicht zu unterschätzender praktischer Bedeutung ist schließlich noch die Arbeits-, Ermüdungs- und Erholungszeit für den Verlauf

der Übungsfähigkeit. Mit diesen Einflüssen wird sich der nächste Abschnitt zu beschäftigen haben.

27. Ermüdung der Leistungsfähigkeit.

Das Wesen der Ermüdung ist vorläufig ziemlich ungeklärt, deshalb wird von einer Anführung der verschiedenen Theorien[1]) abgesehen. Wir wollen unsere Aufgabe vielmehr in der Beschreibung der Ermüdungserscheinungen, deren Bedeutung und Messung erblicken.

Bereits im voraufgehenden Abschnitt wurde auf die Bedeutung der verschiedenen Arbeitsfaktoren und ihren Einfluß auf den Verlauf der Leistungsfähigkeit aufmerksam gemacht. Wenn wir die Erscheinungen der Ermüdung rein erfassen wollen, so müssen natürlich alle die aufgeführten Beeinflussungen bis zur Leistungsgrenze geübt sein, damit das Ergebnis nicht durch die Übungsfähigkeit beeinträchtigt wird. Dieses in die Praxis umgesetzt würde heißen, daß die Ermüdungsmessungen vorzugsweise mit berufsgewöhnten Leuten durchzuführen sind. Doch können auch Ermüdungsmessungen an Berufsneulingen wertvolle Fingerzeige über die Bedeutung der verschiedenen Faktoren für die Anlernung geben und die Richtung für die Verbesserungen angeben. Für die Beurteilung der Berufsermüdung dürfen die Ergebnisse von noch ungeübten Leuten nur mit Vorsicht verwertet werden, da sie in den meisten Fällen ungünstigere Ermüdungswerte zeitigen werden.

Wird eine Arbeit längere Zeit fortgesetzt, so stellt sich beim Menschen ein Müdigkeitsgefühl als Warnungszeichen für die kommende Körperermüdung ein (abgesehen von den krankhaften Ermüdungsgefühlen). Dieses Müdigkeitsgefühl dürfte rein subjektiv aufzufassen sein, da es durch andere persönliche und sonstige Arbeitseinflüsse gesteigert, vermindert oder sogar ganz vergessen wird. So können beispielsweise Ehrgeiz, Interesse und Wechsel der Arbeit das Gefühl der Müdigkeit vermindern bzw. vorübergehend ganz beseitigen, während die stetige Wiederholung der gleichen Arbeitsleistung, also die Gleichförmigkeit (Monotonie), das Gefühl der Müdigkeit steigern kann. Dagegen ist die Ermüdung selbst als objektiver Zustand des Körpers aufzufassen, der sich praktisch meistens durch das Nachlassen der Arbeitsleistung bezüglich Menge und Güte bemerkbar macht. Auch Kraft, Bewegungssicherheit, Gesicht, Gehör, Tastgefühl und andere Sinnesfähigkeiten werden ungünstig durch die Ermüdung beeinflußt. Dieses äußert sich dadurch, daß Schmerzgefühle in den Körpergelenken und Muskeln auftreten oder daß das Auge flimmerhaft sieht, auch die Bewußtseinsfähigkeiten werden träge usw.

---

[1]) Lobsien, Die experimentelle Ermüdungsforschung. Beyer, Langensalza 1914. — Kent, Iron Age, Februar 1917.

Einen bestimmten Grad in der Ermüdung der verschiedenen Fähigkeiten verträgt unser Körper ohne gesundheitliche Nachteile. Diese gesundheitlich zulässige Ermüdungsgrenze wird hauptsächlich durch Erholungspausen, Schlaf und Ernährung ausgeglichen. Werden die Erscheinungen der Ermüdung nicht genügend beachtet oder nicht durch die angegebenen Mittel ausgeglichen, so tritt bei weiterer Arbeitsleistung ein Zustand der Übermüdung ein, das heißt, unser Körper ist durch die Arbeitsleistung so stark beansprucht worden, daß die gewöhnlichen Erholungspausen usw. nicht mehr ausreichen, um diesen für die Gesundheit so nachteiligen Körperzustand zu beseitigen.

Aufgabe der Arbeitswissenschaft wird es sein, die Ermüdungsgrenzen für die verschiedenen Arbeitsleistungen und für die hierdurch beanspruchten Fähigkeiten zu ermitteln.

Der Zustand der Übermüdung wird auch als Ermüdungsrausch bezeichnet, da er den Körper nach der Arbeitsleistung nicht zur Ruhe und Erholung kommen läßt, sondern stundenlang eine unnatürliche Aufregung hinterläßt. Es dürfte allgemein bekannt sein, daß sich nach Beendigung sehr anstrengender Sportsleistungen und nach sonstigen schweren körperlichen und geistigen Arbeitsleistungen der Schlaf nicht einstellen will, trotzdem die objektiven Müdigkeitszeichen vorhanden sind.

Werden derartige Übermüdungszustände nicht durch vermehrte Ruhepausen usw. ausgeglichen, so stellt sich alsbald der Erschöpfungszustand des Körpers ein. Durch den Erschöpfungszustand wird der Körper unfähig, Arbeit zu leisten, es stellen sich schwere gesundheitliche Schädigungen ein, die den Menschen außerordentlich schnell abnutzen. Praktisch dürften jedenfalls derartige Erschöpfungen in einem auf Volksgesundheit bedachten Staatswesen nicht auftreten. Doch die Erfahrung beweist hier das Gegenteil. Man hat überall sogenannte „Berufsaltersgrenzen für die Lebensdauer“ der betreffenden Arbeitergruppe festgestellt. Diejenigen Altersgrenzen, die in die Blüte der Lebenskraft fallen, bezeichnen hier Berufe und Tätigkeiten, die den Körper vorzeitig erschöpfen und sich so gegen die Volksgesundheit versündigen. Hier muß wohl die Arbeitswissenschaft im Interesse der Volkswohlfahrt zuerst Wandel schaffen.

Es würde zunächst die Grenzzeit für derartige Beschäftigungen interessieren, bei welchen der körperliche Erschöpfungszustand noch durch andere leichtere Arbeitsleistungen ausgeglichen werden kann. Sollten diese Untersuchungen beweisen, daß eine Beschäftigung in derartigen Tätigkeiten trotz Einführung weitgehender Verbesserungen ohne ernstliche Schädigung der Gesundheit nicht möglich ist, so kann wohl die

Menschheit auf die Erzeugung dieser Stoffe verzichten; da so alsdann jahraus, jahrein viele 1000 Menschen der Volkswirtschaft erhalten bleiben würden. Nach diesen Ablenkungen kehren wir zur Ermüdung zurück.

Von den bereits erwähnten Gegenmitteln der Ermüdung, Schlaf und Ernährung, kommt für die praktische Arbeitsverteilung besonders die Erholungszeit in Betracht. Da die Erholungszeit, in der Körper und Geist leer laufen, die Ermüdung je nach Beanspruchung und Arbeitsart in kürzerer oder längerer Zeit ausgleicht, so muß die praktische Arbeitsverteilung diese Erholungszeiten so festlegen und verteilen, daß tatsächlich eine Erholung des Körpers stattfindet. Auch hier kennt die praktische Arbeitsverteilung nur Pausen, die zugleich der Nahrungsaufnahme dienen; reine Erholungspausen finden wir dagegen selten oder überhaupt nicht vor. Die Zeit der Nahrungsaufnahme dürfte nicht voll als Erholungszeit zu bewerten sein, da auch sie eine körperliche Beanspruchung darstellt. Auch Sports- und sonstige Lieblingsbeschäftigungen während der Erholungspausen bedeuten trotz ihrer Lustgefühle körperliche Arbeitsleistungen, die unter Umständen größer als die eigentlichen Berufsarbeitsleistungen sein können. Deshalb wird sich die Arbeitsforschung auch mit der Ausfüllung und Verbringung der Erholungspausen eingehend zu befassen haben. Es dürften hierfür, wie es ja bereits geschehen ist, Unterhaltungsmittel, wie Musik, Kinobilder, Spaziergänge, Ruhesitze u. dgl. in Anwendung zu bringen und auf Zweckmäßigkeit zu untersuchen sein. Die Bedeutung der Erholungspause für die Arbeitsleistung und Ermüdung wird später an Hand eines Beispiels (vgl. Abb. 83 und 84) näher behandelt werden.

Als weiteres Mittel kommt der Arbeitswechsel für die Beseitigung der Ermüdung in Betracht, und zwar handelt es sich hier um die Ersetzung der gleichförmig gewordenen oder schweren Arbeit durch interessantere oder leichtere Arbeit. Da die Ermüdung häufig nur bestimmte Fähigkeiten, Gliedmaßen usw. befällt, so kann vorübergehend noch Arbeit mit den nicht ermüdeten Muskeln usw. geleistet werden. Jedoch bedingt meistens die körperliche auch geistige und umgekehrt, geistige auch körperliche Ermüdung auch für die nicht direkt an der Arbeit beteiligten Fähigkeiten.

Für die Beseitigung der Ermüdung scheinen ferner noch die Bewegungen von Wichtigkeit zu sein, die der Arbeiter mit den ermüdeten Gliedmaßen zur vorübergehenden Beseitigung der Ermüdung ausführt. Offenbar beeinflussen derartige Entladungsbewegungen das Wohlbefinden des Arbeiters günstig. Man sieht beispielsweise Arbeiter, die schwere statische Arbeitsleistungen zu verrichten haben, daß sie in den Pausen die einzelnen Glieder „ausrecken, dehnen und strecken".

Auch während der Arbeit kann man derartige Bewegungen beobachten. Ebenfalls können häufig Massagebewegungen für einzelne Muskelgruppen beobachtet werden. Auch diese Entladungsbewegungen dürften Fingerzeige für die Betätigung in den größeren Pausen enthalten. Erwähnt sei schließlich noch, daß das Lösen straffgespannter Bekleidungsstücke ebenfalls die Erholung begünstigt.

Die bereits erwähnten Untersuchungen von Kent haben ferner bestätigt, daß besonders hohe Temperatur und mangelhafte Lüftung der Arbeitsräume, Verunreinigung der Luft, Geräusche, Erschütterung der Maschinen und die ständige Anspannung der Aufmerksamkeit hauptsächlich als praktische Ursachen für die Ermüdung in Betracht kommen.

Bei planmäßiger Beobachtung und Forschung dürften sich auch auf diesem wichtigen, bisher so stiefmütterlich behandelten Gebiete brauchbare Erfahrungsgrundsätze für die Volkswohlfahrt ableiten lassen. Wir glauben, daß wir mit vorstehenden Stichproben die Mittel und Wege angedeutet haben, die hier zum Ziele führen könnten. Je mehr die ermüdenden Bedingungen der Arbeit vermieden werden, um so größer ist die Ausdauer und das Wohlbefinden des Arbeiters. Da die Leistungsfähigkeit wiederum abhängig von dem Wohlbefinden und der Ausdauer ist, so wird auch diese hierdurch günstig beeinflußt.

Einige Beispiele sollen die bei der Ermüdungsmessung einzuschlagenden Wege in großen Zügen andeuten.

28. Untersuchung der Ermüdung einzelner Fähigkeiten.

Da das Wesen der Ermüdung nicht vollkommen geklärt ist, so ist auch vorläufig eine direkte Messung der Körperermüdung nach einem Einheitsmaß nicht möglich. Die Ermüdungsmessungen beruhen daher auf indirekten Methoden; es wird meistens der zeitliche Verlauf der reinen Arbeitsleistung oder psychophysischen Leistungsfähigkeit für die Beurteilung der Ermüdung herangezogen. Diese Untersuchungen werden also teils während der Arbeitsleistung, teils nach der eigentlichen Arbeitsleistung, wobei im letzten Falle vom Arbeiter eine bestimmte künstliche Arbeitsmenge zu leisten ist, vorgenommen.

Wie aus vorstehenden Bemerkungen hervorgeht, erstrecken sich die Ermüdungsmessungen vorläufig nur auf einzelne oder zusammengesetzte Fähigkeiten, die durch die tatsächlichen oder künstlichen Arbeitsleistungen beansprucht und ermüdet werden. Daher haben die Ergebnisse der Messungen auch keine allgemeine Gültigkeit; denn es ist wohl nach den bereits angeführten Beispielen ohne weiteres klar,

daß die verschiedenen Tätigkeiten die Sinnesfähigkeiten verschieden beanspruchen und ermüden. Die Ermüdung kann aus diesem Grunde nicht an Hand einer einzigen Methode für alle Arbeitsleistungen untersucht werden, sondern es müssen sich die Methoden auf den jeweiligen praktischen Bedingungen aufbauen, um den Schwerpunkt der ermüdeten Fähigkeiten zu erfassen. Die außerordentlich umfangreichen Ermüdungsmessungen, die mit Schulkindern für die verschiedenen Unterrichtsfächer nach den gleichen Ermüdungsmethoden durchgeführt wurden, (Tastzirkel) haben bestätigt, daß eine angewandte Methode nicht für alle untersuchten Unterrichtsfächer die Ermüdung richtig beurteilt.

Wir werden später eine Reihe verschiedener gebräuchlicher Methoden für die Untersuchung der Ermüdung anführen, die lediglich die Technik dieser Messungen andeuten sollen. Die Zuverlässigkeit der vorhandenen Methoden für die praktischen Arbeitsleistungen ist durchaus ungeklärt, da die bisherigen Messungen fast durchweg an Schulkindern und Studenten vorgenommen wurden. Nur ganz wenige Methoden haben bisher die Feuerprobe der Praxis bestanden.

Die gebräuchlichen Methoden haben ferner den Nachteil, daß sie nicht direkte, sondern die künstliche Arbeitsleistung für die Beurteilung der Ermüdung zugrunde legen. Nur die Messung des zeitlichen Verlaufs der tatsächlichen Arbeitsleistung macht hiervon eine Ausnahme, die jedoch nur da anwendbar ist, wo Menge und Güte der Leistung meßbar zu erfassen sind.

Ferner haben fast alle Methoden, da sie nicht Körperzustände messen, den Nachteil, daß sie nicht der „Simulation" standhalten. Man kann dem Arbeiter, der seine Leistung nicht voll ausübt, sondern „abbremst", dessen Fähigkeiten also keineswegs ermüdet sind, nicht beweisen, ob dieses sein Körperzustand oder der Widerwillen ist. Der letzte Umstand bedingt, daß die Ermüdungsmessungen nur mit zuverlässigen, nicht widerwilligen Arbeitern durchgeführt werden können. Es könnte vielleicht der Simulation ein Gegengewicht darin geschaffen werden, daß man das Verhalten der untersuchten Arbeiter in der freien Zeit beobachtet, um festzustellen, inwieweit er dort noch leistungsfähig ist. Oft wird bewußt mit der Leistungsfähigkeit gespart, um sie der Nebenbeschäftigung zuzuwenden. Derartige Beobachtungen müßten stets Hand in Hand mit den Arbeits- und Ermüdungsuntersuchungen gehen, da sie als Maßstab für die praktische Ausführung der verlangten Leistung gelten können. Ein tüchtiger Arbeiter, der während der freien Zeit an den Genüssen und sonstigen Unterhaltungen des Lebens teilnimmt, seinen Garten bestellt, große Spaziergänge unternimmt usw., liefert hiermit den besten Beweis, daß die Arbeitsbeanspruchung für seine Gesundheit erträglich ist, und daß sein Körper nicht durch die Arbeit überanspruch wird.

Wie bereits gesagt, zeigen fast alle Sinnesfähigkeiten und Körperteile bei anstrengender Arbeit leichte oder schwere Ermüdungserscheinungen. Für alle diese Ermüdungserscheinungen hat denn auch die Psychologie Forschungsmethoden ausgearbeitet und zur Anwendung gebracht. Auf die Anführung der zahlreichen Untersuchungsmethoden müssen wir hier verzichten, und können wir nur die allerwichtigsten Untersuchungsmethoden kurz beschreiben.

Wir wenden uns daher zunächst der Untersuchung der Körperermüdung zu.

29. Ermüdung bei leichter Handarbeit.

Bereits frühzeitig beschäftigte sich Mosso[1]) mit der Erforschung der Ermüdung, er erfand den nach ihm benannten Ergographen. Der



Abb. 81. Apparat zur Untersuchung der Ermüdung der Hand. Der Prüfling hat die Handgriffe, die durch Federn gespannt sind, solange zusammenzudrücken, bis die Hand ermüdet ist.

Ergograph von Mosso arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie der von W. Moede[2]) erprobte Ermüdungsmesser für Handarbeit (siehe Abb. 81). Moede hat diesen einfachen Apparat besonders zur Untersuchung der Ermüdung von Handwerkslehrlingen in Anwendung gebracht. Im Handwerke spielen bei der Arbeit die Hände eine wichtige Rolle. Betrachtet man das Bild nach Abb. 81, so sehen wir, wie die Versuchsperson mit der rechten Hand zwei Ballengriffe zusammendrückt. Da die Ballengriffe durch kräftige Federn auseinandergehalten werden, so ist für das Zusammendrücken derselben eine bestimmte

[1]) Mosso, La Fatica, deutsch von J. Glinzinger, 1892.

[2]) Moede, Prakt. Psychologie, Nr. 5, 1920.

Kraft von den Handmuskeln zu leisten. Bei der Untersuchung hat nun die Versuchsperson die Griffe nach dem selbst gewählten oder nach einem bestimmten Takte zusammenzudrücken und wieder zu lösen, hiermit wird so lange fortgefahren, bis die Hand hierzu nicht mehr fähig ist. Das Ergebnis des Ermüdungsversuches wird auf einem Papierstreifen selbsttätig registriert, und zwar wird jede Druckbewegung aufgezeichnet. Das so erhaltene Ermüdungsdiagramm zeigt alsdann für kräftige Leute viele Druckbewegungen, während schwächliche Personen nur wenige Male die Ballengriffe zusammendrücken können.

Wie bereits erwähnt, dient die beschriebene Vorrichtung zur Untersuchung der Ermüdung der Hand. Die Versuchsvorrichtung ist den praktischen Anforderungen des Handwerkers angepaßt, da bei den meisten Handarbeiten Gerätegriffe festgehalten und bewegt werden müssen. Hierbei hängt sowohl Leistung, als auch Güte der Arbeit von der gleichmäßigen Beschaffenheit der Handkräfte und Sicherheit der Bewegungen ab, so daß wohl die Übereinstimmung der psychotechnischen mit den praktischen Bedingungen ohne weiteres erkannt wird.

Überwiegt bei einer Arbeit beispielsweise die Sicherheit der Bewegungen, wie es der Beruf des Feinmechanikers erfordert, so müssen sich die Versuchsbedingungen natürlich eingehend mit der Ermüdung der Bewegungssicherheit befassen. Auch hierfür hat Moede[1]) eine ganze Reihe von Apparaten und Verfahren zur Einführung gebracht, die sich in der Praxis gut bewährt haben.

In der Werkstätte würde man die Ermüdung für Handarbeiten in ähnlicher Weise durch direkte Verbindung der Registrierinstrumente mit den Arbeitswerkzeugen und Werkstücken während der praktischen Arbeitsleistung untersuchen können. Die bereits beschriebenen Registrierinstrumente dürften hierfür vollkommen ausreichen.

30. Ermüdung bei schwerer Körperarbeit.

Bei den Schwerarbeitern wird die Ermüdung, wie bereits erwähnt, durch die großen dynamischen und statischen Arbeitskräfte hervorgebracht. Die Untersuchungen haben deshalb diese Bedingungen besonders zu berücksichtigen. Die auftretende Körperbeanspruchung unterscheidet sich bei Schwerarbeitern meistens dadurch, daß der Körper mehr Kraftbewegungen und nur wenige Leerlaufsbewegungen ausführt. Der Körper wird bei dieser Arbeit dauernd angespannt.

Im vorerwähnten Beispiel würde bei ganz schwerer Handarbeit die Ermüdungsuntersuchung einfach im Zusammendrücken der Ballengriffe bestehen. Das Nachlassen der Handkraft würde alsdann die Ermüdung der Handmuskeln angeben.

[1]) Zeitschrift „Praktische Psychologie" Nr. 1, 2 u. 3; Hirzel, Leipzig 1919.

Bei sehr vielen Schwerarbeitern werden jedoch die Rumpf- und Beinmuskeln stark beansprucht, so daß auch deren Ermüdung gemessen werden müßte. Der Verfasser hat für diese Arbeiten den Apparat nach Abb. 82 zur Anwendung gebracht. Der Apparat besteht aus einer senkrecht beweglichen Stange, die möglichst reibungslos gelagert ist und an deren Ende ein schweres Gewicht angebracht ist. Ferner dient eine Maßeinteilung mit verstellbarem Zeiger zur Markierung bestimmter Lagen der Handgriffe.

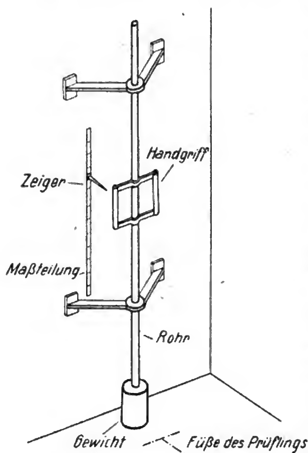


Abb. 82. Vorrichtung für die Untersuchung der Ermüdung der großen Muskeln.

Die Versuchsperson hat bei diesem Versuch die beiden Handgriffe anzufassen, das schwere Gewicht (25 kg) bis zur wagerechten Lage der Unterarme zu heben und in dieser Lage bis zur Ermüdung des Körpers zu verharren. Hierbei werden also Arm-, Rumpf- und Beinmuskeln außerordentlich stark beansprucht, so daß nach kurzer Zeit das Gewicht infolge seiner Schwere zu Boden sinkt. Das Nachlassen der Körperkräfte, welches durch das Sinken des Gewichtes angezeigt wird, kann mit Hilfe von Registrierinstrumenten aufgezeichnet werden. Jedoch hat die Erfahrung gezeigt, daß zur Beurteilung der Ermüdung hier einfach die Arbeitszeit in $^1/_5$ Sekunden gemessen zu werden braucht. Die Zeitabnahme gibt bei diesem Versuch demnach die Ermüdbarkeit der Versuchsperson an. Kräftige Personen haben lange Zeiten, während schwächliche nur wenige Sekunden aushalten. Außerdem zeigen die stark beanspruchten Versuchspersonen durch Zittern der Hände, starkes Schwitzen und Erröten des Gesichts, daß sie ermüdet sind.

Bei einem solchen Ermüdungsversuch muß die Versuchsperson wiederholt die „Hebearbeit" leisten und sich wieder erholen, so daß die Ermüdung stets durch die nachfolgende Erholungspause ausgeglichen wird. Überlassen wir hierbei der Versuchsperson die Wahl der Arbeits- und Erholungszeiten, so erhalten wir folgende typische Arbeits- und Erholungszeitkurven nach Abb. 83. Die Kurven stammen von zwei kräftigen Männern; sie zeigen den Einfluß der richtigen Wahl der Arbeitszeit für die Ermüdung. Die Versuchsperson *A* hat durch eigene

Schätzung das richtige Verhältnis zwischen Arbeits- und Erholungszeit getroffen, so daß sie in der Lage war, 23 mal die Hebearbeit zu leisten, bis völlige Ermüdung eintrat. Dagegen hat die Versuchsperson *B* die Arbeitszeit von Anfang an zu hoch gewählt, so daß schon beim 9. Mal die völlige Ermüdung erreicht war.

Wie die Kurve zeigt, steigen die Erholungszeiten bei der Versuchsperson *B* außerordentlich schnell an, so daß beim 5. Versuch bereits ein Verhältnis 2 : 1 bezüglich der Arbeitszeit erreicht ist. Die Erholungszeiten der Versuchsperson *A* dagegen verlaufen ziemlich regelmäßig und steigen erst kurz vor dem Eintreten der völligen Ermüdung leicht an. Die Kurven liefern einen Beweis dafür, daß man dem Arbeiter

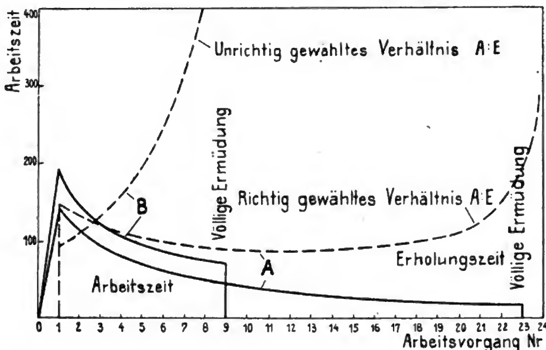


Abb. 83. Abhängigkeit der Arbeitsleistung bei freiwilliger Wahl des Verhältnisses A/E.

nicht freie Wahl der Arbeits- und Erholungszeit überlassen kann. Die Mehrzahl der Ermüdungsversuche hat ergeben, daß die meisten Arbeiter nicht das richtige Verhältnis zwischen Arbeits- und Erholungszeit selbst wählen können, und zwar leisteten sie von Anfang an zu viel Arbeit, und ermüdeten hierdurch zu schnell. Es konnte bei diesen Versuchen weiter festgestellt werden, daß der Einfluß des Willens um so geringer war, je mehr die Ermüdungszeit zunahm.

Die vorstehenden Ergebnisse und Ableitungen zeigen die praktische Bedeutung der Überanstrengung für die Arbeitsleistung. Deshalb muß der Wahl der Erholungszeiten bei Schwerarbeitern die größte Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Auch den Einfluß der Erholungszeit auf die Ermüdung hat der Verfasser mit dem gleichen Apparat untersucht. In Abb. 84 sehen wir

das Ergebnis eines derartigen Versuchs. Die Erholungszeit wurde hierbei proportional der Arbeitszeit festgesetzt. Es zeigte sich bei diesen Versuchen, daß die Erholungszeit mindestens ein Vielfaches der Arbeitszeit sein muß, wenn der Körper die Leistung längere Zeit ausüben soll. Soll diese Leistung stundenlang ausgeübt werden, so dürfte das Verhältnis zwischen 5 und 6 liegen. Die einzelnen Kurven der Arbeitszeit zeigen deutlich, wie die Arbeitszeit bei kleinen Verhältniszahlen abnimmt und wie die Erholungszeit die Ermüdung ausgleicht. Einige Versuchspersonen gaben an, daß sie noch nach 24 Stunden Nachwirkungen der Beanspruchung fühlten.

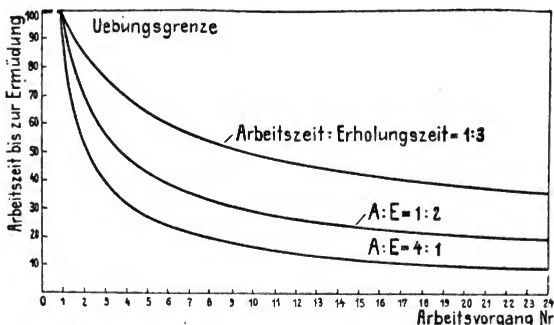


Abb. 84. Abhängigkeit des Arbeitsverhältnisses bei zwangläufiger Wahl des Verhältnisses A/E.

Wenn auch die soeben beschriebenen Versuche nicht die rein objektive Ermüdung des Körpers feststellten, da stets den Angaben der Versuchspersonen geglaubt werden mußte, so dürften doch derartige Versuche bessere Beurteilungsmittel für die Praxis liefern, als die bisherige willkürliche Festsetzung der Erholungs- und Arbeitszeiten.

Den tatsächlichen Ermüdungszustand einzelner Körperfunktionen stellen wohl nur die physiologischen Untersuchungsmethoden fest, die an Hand der Veränderung von Blutdruck, Herzbewegungen, Atmung u. a. Körperfunktionen auf die Beanspruchung des Körpers schließen lassen. Jedoch auch diese Verfahren sind teilweise so empfindlich, daß Stimmungsschwankungen und sonstige Gemütsbewegungen das Ergebnis beeinflussen können. Auf die Untersuchung der praktischen Arbeitsleistung haben daher diese Untersuchungsverfahren noch wenig Anwendung gefunden. Auch dürften sie hierfür in der Handhabung

zu umständlich sein, so daß ihre Beschreibung[1]) hier zu weit führen dürfte.

An einigen Beispielen mag noch gezeigt werden, wie die Ermüdung bei geistigen Arbeiten untersucht werden kann.

31. Ermüdung bei geistiger Arbeit.

Auch die Ermüdung der geistigen Fähigkeiten hat eine große Bedeutung bei allen verantwortungsvollen Tätigkeiten, die eine schnelle Anpassung und Entscheidung verlangen. Weiter interessiert auch der Einfluß der gemischten oder gleichförmigen Arbeit auf die Bewußtseinsermüdung. Die Arbeitsleistungen dürfen demnach beim Arbeiter keinen Bewußtseinszustand erzeugen, der ihn vollkommen unaufnahmefähig für Familienleben, Bildungs- und Vergnügungsmöglichkeiten macht. Deshalb darf die durch die Arbeitsleistung hervorgerufene geistige Ermüdung ein bestimmtes Grenzmaß nicht überschreiten, denn es kann nicht im Interesse der Volkswohlfahrt liegen, daß der Arbeiter die Arbeitsstätte abgespannt verläßt, teilnahmslos gegen sich selbst und gegen andre ist. Es wird hier u. a. der Einfluß der vielgenannten Monotonie untersucht werden müssen. Auch die Überlegung u. a. Bewußtseinsfähigkeiten müssen in ihrem Verlaufe zur Arbeitsleistung und Arbeitsdauer verfolgt werden. Praktisch sind wohl derartige Untersuchungen bisher nirgends zur Einführung gekommen, und können wir deshalb nur einige hierfür geeignet erscheinende Methoden anführen.

Eine der bekanntesten und einfachsten Methoden ist wohl die von Kraepelin[2]) geschaffene Rechenmethode. Die geistige Ermüdung wird hier an Hand von Addierleistungen einstelliger Zahlen gemessen; und der Verlauf der geleisteten Addierarbeit wird bezüglich Menge und Güte in der Zeiteinheit verfolgt. Und zwar geht der Versuch so vor sich, daß auf ein Glocken- oder sonstiges hörbares Zeichen die Arbeit begonnen wird, alsdann wird in gleichen zeitlichen Abständen von etwa 60 Sekunden je ein Zeichen gegeben, welches von der Versuchsperson an der jeweiligen Rechenstelle durch einen wagerechten Strich bezeichnet wird, und schließlich der Schluß des Versuchs durch ein besonderes Zeichen bekanntgegeben. Einige Vorübungen vermitteln der Versuchsperson die für die Versuchsbedingungen notwendigen Kenntnisse und überzeugen den Versuchsleiter, daß die Versuchsperson die Bedingungen verstanden hat.

Auf diese Weise erhalten wir ein Versuchsergebnis, wie es Abb. 85 auszugsweise darstellt. Die Versuchsperson hat in unserem Falle in der ersten Minute 19 Rechenaufgaben mit 1 Fehler, in der zweiten 17 mit

[1]) Lobsien, Die experimentelle Ermüdungsforschung.
[2]) Kraepelin, Über geistige Arbeit. Jena 1894.

2 Fehlern usw. geleistet. Das Ergebnis des Versuchs veranschaulicht man am besten durch eine übersichtliche graphische Darstellung, die alsdann durch die Schwankungen der Leistungs- und Fehlerkurven die Ermüdung erkennen läßt. Nach den hier gesammelten Erfahrungen muß die Dauer des Versuchs mindestens 15—20 Minuten betragen, und es hat sich der Versuch, wenn irgend möglich, über eine noch längere Zeitdauer zu erstrecken. Es zeigte sich bei den Versuchen mit einfachen Arbeitern, daß die Schreibgeschwindigkeit des einzelnen das Gesamtergebnis erheblich beeinflussen kann; so waren beispielsweise die Straßenbahnschaffner, die im Dienst Rechnen und schriftliche Arbeiten zu leisten

3	9	2	4	3	6	1	4	6	5	8	1	6	2	5	8	4	6	3	5	1	4	1	9	8
6	7	3	8	5	8	3	7	1	1	4	2	3	9	9	3	3	2	3	3	7	4	5	1	7
9	*16*	*5*	*12*	*8*	*14*	*4*	*11*	*7*	*7*	*12*	*3*	*9*	*11*	*14*	*11*	*7*	*8*	*6*	*8*	*8*	*8*	*6*	*10*	*15*
2	6	5	2	6	3	5	9	1	7	2	5	4	2	8	7	5	3	7	9	4	9	5	3	6
7	9	5	6	4	4	4	6	6	5	5	2	5	2	2	6	7	9		3	9	8	8	8	6
8	*15*	*10*	*8*	*10*	*7*	*9*	*15*	*7*	*12*	*7*	*7*	*9*	*4*	*10*	*13*	*12*	*12*	*9*	*12*	*13*	*17*	*12*	*11*	*12*
1	5	1	1	9	7	9	4	8	9	6	4	7	7	3	8	1	8	3	4	8	7	9	1	2
4	6	1	8	5	8	9	2	8	4	5	6	3	7	2	1	9	6	7	1	9	1	7	9	9
5	*11*	*2*	*9*	*14*	*15*	*18*	*6*	*16*	*13*	*11*	*10*	*10*	*14*	*5*	*9*	*10*	*14*	*10*	*5*	*17*	*8*	*16*	*10*	*11*

— Minutenstrich ＼ Rechenfehler

Arbeitsverlauf	Minuten				Insgesamt
	1	2	3	usw.	
Geleistete Aufgaben. . . .	*19*	*17*	*16*		*52*
Fehlerhafte Aufgaben. . .	*1*	*1*	*2*		*4*

Abb. 85. Beispiel für die Untersuchung der geistigen Arbeitsleistung nach Kraepelin (siehe auch Abb. 79).

haben, den Führern durchweg überlegen. Damit derartige Übungs- und sonstige Einflüsse ausgeglichen werden, verlangt bereits dieser einfache Versuch gewisse Vorübungen zur Erreichung der Übungsgrenze. Bei den hier mit einer größeren Anzahl von Führern angestellten Versuchen, wobei sich der Versuch über 15—20 Minuten erstreckte, wurde keine Übereinstimmung mit den praktischen Bedingungen des Betriebs gefunden. Das Ergebnis beweist nur, daß die gewählten Versuchsbedingungen nicht für die Ermüdung des Führers geeignet waren. Doch ist dieses kein Beweis dafür, daß die Methode ein für allemal unbrauchbar ist. Dieses Beispiel soll besonders darauf hinweisen, daß die Untersuchungsbedingungen von Fall zu Fall auf Zuverlässigkeit nachzuprüfen sind, und daß die Ergebnisse nie verallgemeinert werden dürfen. Die von Kraepelin in mühevoller Arbeit abgeleitete Arbeitskurve zeigten wir bereits in Abb. 79.

Außer der Kraepelinschen Methode, die die geistige Arbeitsfähigkeit an Hand annähernd gleichwertiger Rechenaufgaben feststellt, soll noch der von Bourdon eingeführte Durchstreichversuch angeführt werden. Die Versuchsbedingungen sind hier fast die gleichen wie im vorstehenden Versuch, nur die Mittel sind andere. Für diesen Versuch benötigt man einen gewöhnlich gedruckten Schrifttext, wie wir einen solchen in Abb. 86 sehen. Die Versuchsperson erhält den Auftrag, alle in diesem Text vorkommenden Buchstaben (*a*) und (*r*) (es können auch andere Buchstaben sein) mittels Bleistift durchzustreichen. Alsdann wird der Verlauf der Leistung bezüglich Menge und Güte wie beim Kraepelinschen Versuch verfolgt. Das in Abb. 86 dargestellte Ergebnis eines Versuchs zeigt, wie sich die Leistung in der Zeiteinheit ändert, so daß sich aus den Schwankungen der Leistungsfähigkeit Schlüsse für die Beurteilung der Ermüdung ableiten lassen. Die graphische Darstellung der Versuchsergebnisse schafft auch hier bessere Übersicht. Für die Dauer des Versuchs gilt das gleiche wie beim Kraepelinschen Versuch, es müssen also entsprechend lange Texte gewählt werden. Der Kraepelinsche Versuch dürfte mehr die allgemeine geistige Arbeitsfähigkeit und Ermüdung feststellen, während der Versuch nach Bourdon wohl mehr die Ausdauer der flächenhaften Aufmerksamkeit untersuchen dürfte.

Sobald der Triebwagen in das Gefälle einläuft, hat der Fahrer den Strom auszuschalten, bei Wagen mit Luftdruckbremse diese zu betätigen, bei Wagen mit elektrischer Bremse diese bis auf die zweite Bremsstellung zu schalten und die Handbremse anzuziehen. Die Wirkung der Bremse muß stets merklich bleiben. Tritt dennoch ein Gleiten der Räder ein, so ist die Bremse nachzulassen, und bei sofortigem Wiederanziehen Sand zu streuen.

Die Bremsen dürfen erst vollständig gelöst werden, wenn der Triebwagen die Gefällstrecke im Tunnel verlassen hat.

Der Zugführer hat während des Haltens vor den H-Tafeln von der hinteren Plattform aus den ordnungsmäßigen Zustand der Zugkuppelung nachzuprüfen, sowie darauf zu achten, daß der Kuppelungsbolzen an den Pufferstangen der Trieb- und Beiwagen ordnungsmäßig eingesteckt und der Überwurf ordnungsmäßig umgelegt ist. Hierauf hat der Zugführer das Abfahrtzeichen zu geben.

Das Abfahrtzeichen ist stets ohne Verzögerung zu geben, auch dann, wenn der Zug vor einem

/ erkannte Buchstaben.
\ nicht erkannte Buchstaben.
— Minutenstrich.

Arbeitsverlauf	Minuten				Insgesamt
	1	2	3	usw.	
Vorhandene Buchstaben	47	37	22		106
Erkannte Buchstaben	34	31	16		81
Nicht erkannte Buchstaben	13	6	6		25

Abb. 86. Beispiel für die Untersuchung der geistigen Arbeitsleistung nach Bourdon.

Als weiteres Beispiel soll noch die von Ebbinghaus durchgebildete Kombinationsmethode kurz beschrieben werden. Die Fähigkeit des

Bewußtseins, verschiedene Vorstellungen miteinander zu verbinden, zu ergänzen oder zu ganz neuen Vorstellungen zu vereinigen, ist für die verantwortungsvollen Stellen außerordentlich wertvoll. Auch diese Bewußtseinsfähigkeiten unterliegen dem Einfluß der Ermüdung, das Vorstellungsleben wird beim ermüdeten Bewußtsein träge, stellt nur langsam die Vorstellungen zur Verfügung usw., so daß die geistige Arbeitsleistung hierunter bezüglich Güte und Menge leidet.

Ebbinghaus hat diese Kombinationsfähigkeit mit Hilfe eines Lückentextes[1]) — Abb. 87 — untersucht. Das dargestellte Beispiel zeigt, daß in dem gedruckten Text Buchstaben, Silben und ganze Wörter fehlen. Diese fehlenden Buchstaben und Wörter hat die Versuchsperson sinnvoll zu ergänzen.

Die Ausdauer des Bewußtseins wird man hier an Hand der ausgeführten richtigen, fehlerhaften oder fehlenden Ergänzungen und nach der gebrauchten Zeit beurteilen. Als Lückentexte wird man den Verhältnissen entsprechend Beschreibungen von unbekannten Stoffen wählen, die sich dem Denkvermögen des Untersuchten anpassen.

Die we - - - ihrer Steilheit und Abgele - - - - - - - für das große Vieh unzugänglichen Weide - - - - - e der Alpen werden bis zu einer H - - - von 2300 m gew - - - - - ch durch Ziegen - - - den abgew - - - - -. Hier trifft der - - - derer plötzlich zu seinem größten Er - - - - - - - eine elende Stein- und Moos - - - - -, einen verwilderten Bu - - - und eine kle - - -, mu - - - - - Ziegen - - - - -, die den fr - - - - - B - - - cher mit n - - g - - - - gen - - - cken mu - - - - -. Gew - - - - - ch br - - - - eine s - - che H - - - - drei bis f - - - M - - - - - in den ö - - st - - und w - - d - sten Geb - - - - lagen zu, ohne ir - - - - eine andere Pf - - g - zu genießen, als daß ihnen - - - - - - von Zeit - - Z - - - ein w - - - - Salz auf - - - - - F - - - - - streut, um sie b - - s - - - - - zu ha - - -.

Abb. 87. Beispiel für die Untersuchung der geistigen Arbeitsleistung nach Ebbinghaus.

Die einzelnen Textlücken sind durch die fehlenden Worte bzw. Silben zu ergänzen.

Die Praxis dürfte auch hier bei ernstem Willen bald brauchbare lebenswahre Untersuchungsmethoden entwickeln und erproben, so daß auch das Gebiet der geistigen Ermüdung erforscht werden könnte. Es wird sich alsdann an Hand der Ergebnisse zeigen, ob die Ermüdung bei vorwiegend körperlicher Arbeitsleistung mehr in psychischer oder physischer Beziehung erfolgt.

---

[1]) Brahn, Psychol. Auswahl der jugendl. Begabten. Dürr, Leipzig 1919.

32. Ermüdung der Augen.

Um auch noch zu zeigen, wie die Ausdauer einzelner Sinnesfähigkeiten versuchsmäßig festgestellt werden kann, sei noch kurz eine Untersuchung über die Ermüdung der Augen beschrieben. Gerade die Augen haben bei vielen Arbeitsleistungen einen großen Einfluß. Hier sind es besonders die graphischen und feinmechanischen Leistungen, die das Gesicht stark beanspruchen und schnell ermüden.

Der bekannte Fachpsychologe C. Piorkowski hat für derartige Untersuchungen einen einfachen Apparat nach Abb. 88 erprobt. Wie das Bild zeigt, hat die Versuchsperson bei diesem Versuch durch eine erleuchtete elektrische Lampe hindurchzublicken. Hinter der erleuchteten Lampe werden verschiedene Gesichtseindrücke gezeigt, bei deren Wahrnehmung die Versuchsperson auf einen kleinen Hebel drückt. Das Auftreten des Gesichtseindruckes, sowie die Reaktion der Versuchsperson werden von einem Registrierapparat aufgezeichnet. Da sich der Versuch über eine längere Zeit erstreckt, so können aus dem Verlauf der Sehleistung während dieser Zeit beweiskräftige Schlüsse für die erlittene Ermüdung des Gesichts abgeleitet werden.



Abb. 88. Apparat zur Messung der Ermüdung der Augen. Durch eine beleuchtete Lampe hindurch müssen bestimmte Zeichen solange wahrgenommen und in bestimmter Weise beantwortet werden, bis das Auge ermüdet.

An vorstehenden Beispielen lernten wir einige von den vorhandenen Ermüdungsmethoden kennen. Mit Rücksicht auf die praktische Bedeutung der Ermüdung für Arbeitsleistung und Gesundheit des Arbeiters, wird sich die Arbeitswissenschaft eingehend mit der Ermüdungsmessung zu befassen haben. Es wäre zu wünschen, daß einfache Methoden zur Untersuchung der körperlichen und geistigen Ermüdung gefunden würden, so daß die Ermüdung von Körper und Geist einheitlich für alle Arbeitsbeanspruchungen beurteilt werden könnte. Die auf diesem Gebiete bisher unternommenen Forschungen haben meistens sehr umständliche Versuchseinrichtungen zur Anwendung gebracht, die die Praxis nicht einführen kann.

Noch einfacher wäre es allerdings, wenn man den Wirkungs- und Sicherheitsgrad der menschlichen Beanspruchung für jede Arbeitsleistung angeben könnte.

Einen Versuch nach dieser Richtung führen wir im nächsten Abschnitt an.

33. Menschlicher Wirkungsgrad bei körperlichen Arbeitsleistungen.

Der Verlauf der Arbeitsbewegung bezüglich Raum, Zeit, Kraft usw. ist bei den meisten Arbeitsvorgängen recht verwickelt, wie an Hand von einfachen Beispielen bewiesen wurde. Die Ermittlung der physikalischen Arbeitsleistung ist daher nicht ganz einfach und kann für die praktischen Verhältnisse nur angenähert durchgeführt werden. Als Maß der physikalischen Arbeitsleistung ist uns ja das Meterkilogramm bekannt, das sich aus dem Produkt Kraft mal Weg/Sekunden ergibt. Wie bereits erwähnt, kann praktisch nur eine angenäherte Bestimmung aus den sich ergebenden mechanischen Arbeitswiderständen und Arbeitsbewegungen mit Hilfe der beschriebenen (Abschnitt V, 9, 10, 11, 12) Untersuchungsmittel vorgenommen werden.

Die Forschungen, die sich mit der Ermittlung der physikalischen Arbeitsleistungen des Menschen befaßt haben, haben eine durchschnittliche tägliche Arbeitsleistung von 200 000 mkg für den Menschen als normal bezeichnet. Für periodische Leistungen sollen Arbeitsleistungen bis zu 500 000 mkg ohne gesundheitlichen Schaden ausgeführt werden können. Die für diese Leistungen aufgewendeten geistigen Beanspruchungen mußte man unberücksicht lassen, da bisher noch kein Weg gefunden wurde, um die psychischen Leistungen in physikalische umzurechnen.

Um einen Wirkungsgrad für die menschliche Arbeitsleistung ableiten zu können, hat man die tatsächlich ausgeübte Arbeitsleistung in ein Verhältnis zu den aufgenommenen Nahrungsmitteln gesetzt. Und zwar hat man hierzu den Wärmewert der Nahrung benutzt, weil nach den Forschungen der physiologischen Chemie der menschliche Verdauungsvorgang als ein Verbrennungsvorgang aufzufassen ist. Die zugeführte Nahrung wird hiernach im Körper in Wärme umgesetzt und dient außerdem beim Nichterwachsenen dem Körperwachstum, alsdann aber auch der Leerlaufs- und Arbeitsleistung.

Mühevolle Forschungen haben den Wärmewert in Kalorien für die wichtigsten Nahrungsmittel festgestellt (siehe Abschnitt III,2) und weiter ermittelt, daß die zugeführten Nahrungsstoffe, je nach Arbeitsleistung, einen Wärmewert von 2300—4000 Kalorien haben müssen, um dem Stoffumsatz gerecht zu werden.

Aus der Wärmelehre ist nun weiter bekannt, daß 1 Kalorie sich bei restloser Umformung in 427 mkg umsetzt. Wir sind hiermit in der Lage, die zugeführten Nahrungsstoffe in Meterkilogramm umzurechnen und haben hiermit die gewünschte Beziehung zur aufgewandten physikalischen Arbeitsleistung gefunden.

Das Verhältnis:

$$\frac{\text{Äußere physikalische Arbeitsleistung (mkg)}}{\text{Wärmewert der Nahrung in Kalorien} \times 427} = \text{Menschlicher Arbeitswirkungsgrad}$$

ergibt somit den menschlichen Wirkungsgrad bei der körperlichen Arbeit. In neueren Forschungen wird dieser Wirkungsgrad mit $^1/_3$ angegeben, das würde heißen, daß nur $^1/_3$ der zugeführten Energie in Muskelarbeit umgesetzt wird. Die übrigbleibenden $^2/_3$ von der zugeführten Energie müssen demnach für geistige Arbeit und Körper-Leerlaufsarbeit verbraucht werden.

Diese Betrachtungen, so theoretisch sie den Praktiker anmuten mögen, haben doch immerhin Wert für die richtige Zusammensetzung der Nahrung, besonders bei schweren Arbeitsleistungen.

Außerdem kann aus der Verteilung der Nahrung ersehen werden, daß Jugendliche eine Minderleistung an praktischer Arbeit entsprechend den Energieaufwendungen für das Wachsen des Körpers haben müssen, wenn nicht das Wachstum gefährdet werden soll.

Doch sind wir uns bewußt, daß an der Umsetzung der Energie stets die psychophysiologische Eigenart des Menschen und die Arbeitsbedingungen stark beteiligt sind. In der bereits mehrfach erwähnten Arbeit von Kent sind die Hauptfaktoren für den Energieausgleich wie folgt angegeben:

1. Der „Ursprüngliche Energievorrat" des Arbeiters ist abhängig von:
   a) Körperlicher Entwicklung, Gesundheit und Eignung.
   b) Art und Weise, sowie Dauer der voraufgegangenen Arbeitsleistung.
   c) Dauer und Verbringung der Ruhepausen.

2. Der Energieverbrauch des Arbeiters ist abhängig von:
   a) Körperlicher Entwicklung, Gesundheit und Eignung.
   b) Arbeitsbedingungen.
   c) Arbeitsleistung (Menge).
   d) Ermüdungszustand.

3. Die Energieersetzung des Arbeiters ist abhängig von:
   a) Körperlicher Entwicklung, Gesundheit und Eignung.
   b) Nahrungsmenge, Art und Ausnutzung.
   c) Erholungspause.
   d) Ermüdungszustand.
   e) Arbeitsdauer.

Hoffentlich werden bald Mittel und Wege gefunden, um auch die psychische Arbeitsleistung (in mkg) umformen zu können. Man würde hierdurch, ähnlich wie bei großen Maschinen, für die einzelnen Trieb-

werksteile, für die verschiedenen Arbeitsvorgänge Teilwirkungsgrade ableiten und an Hand dieser Wirkungsgrade die günstigste Arbeitsleistung beurteilen können.

Sollte es der Forschung gelingen, den Wirkungsgrad für psychische und physische Leistungen unseres Körpers festzuhalten, so würden hiermit sämtliche wissenschaftliche Erfahrungen, die sich auf die Leistungen des menschlichen Körpers beziehen, eine bedeutende Umwälzung und Vereinfachung erfahren.

34. Über die Bedeutung und den praktischen Nutzen der Arbeitsuntersuchung.

In einem geregelten Betrieb ist es heute eine Selbstverständlichkeit, daß die zur Verwendung kommenden Stoffe und Maschinen mit allen Mitteln der Wissenschaft und Erfahrung auf technische Brauchbarkeit untersucht werden. Dann wird für Lagerung und Unterbringung dieser Gegenstände ebenfalls in bester Weise gesorgt. Auch die technische Verarbeitung der Stoffe und Behandlung der Maschinen verlaufen fast durchweg geregelt; nicht aber die menschlichen Tätigkeiten für die Verrichtung der Arbeit. Schon bei der Auswahl der Arbeiter, die meistens eine rein zufällige ist, beginnen die Fehler. Die Einteilung der Arbeit, Reihenfolge der Einzelvorgänge, Art der Ausführung, bis zum einfachen Handgriff bleiben meistens ganz dem Arbeiter überlassen; er überlegt, wie er es machen soll, und er führt die Arbeit aus, wie er es für richtig hält. Die auf diese Art festgestellte Arbeitszeit für die Ausführung irgendeines Arbeitsvorganges wird alsdann für die Entlohnung als ausschlaggebend betrachtet.

Die Geräte, Arbeitsplätze und sonstigen Arbeitsbedingungen sind vielfach in ähnlicher Weise entstanden und werden als solche ohne Untersuchung kurzweg als richtig und zweckmäßig angenommen.

Es ist eigentlich verwunderlich, daß die Logik und Systematik an der einen Stelle der Arbeit zu ihrem Recht kommt, während an anderen nicht minder wichtigen Stellen vollkommene Planlosigkeit herrscht. In wirtschaftlicher Hinsicht, auch in bezug auf Betriebssicherheit und Volkswohlfahrt, muß ein solcher Zustand als ein bedeutender Mangel bezeichnet werden. Dieser Lücke, die im Produktionswesen vorhanden ist, dürften ganz erhebliche wirtschaftliche Werte und Energien zum Opfer fallen. Nicht zuletzt werden die Kräfte des Arbeiters bei diesen unzweckmäßigen Arbeitsweisen unnötig beansprucht, ohne daß der hierbei erzeugte Wert dieser unzulässigen Beanspruchung entspricht.

An Hand von Beispielen aus den verschiedensten Tätigkeiten konnten wir andeuten, in wie unwirtschaftlicher Weise mit den menschlichen Arbeitskräften umgegangen wird. An anderen Anwendungsbeispielen

konnten wir kurz einige positive Verbesserungsvorschläge auf Grund von systematischen Arbeitsuntersuchungen ableiten.

Was hier an wenigen Beispielen nur angedeutet werden konnte, ist für die menschliche Arbeitsleistung grundsätzlich zu fordern. Diese Forderung dürfte mit der gleichen, wenn nicht noch höheren Berechtigung aufzustellen sein, als für die technische Prüfung der Materialien und Maschinen. Der Nutzen, der sich aus der Untersuchung der menschlichen Arbeitsleistungen ergibt, schafft richtige und gerechte Unterlagen für die Entlohnung, erleichtert dem Arbeiter die Arbeitsausführung, steigert bei geringer Beanspruchung die Arbeitsleistung und den Verdienst des Arbeiters. Alles dieses wird, wie schon gesagt, nicht durch Mehrarbeit von seiten des Arbeiters, sondern durch günstigere Gestaltung der menschlichen Arbeitsbedingungen erreicht.

Die einzelnen Vorteile der Arbeitsuntersuchung sind besonders anschaulich aus dem nachfolgenden Beispiel, welches der jüngsten Praxis entnommen ist, zu ersehen.

Im Tagbergbaubetrieb, wo es sich um den Abbau von Erd- und Gesteinsmassen handelt, haben wir es mit einer an und für sich einfachen Tätigkeit zu tun, die nicht nur sehr alt ist, sondern auch von vielen Menschen ausgeübt wird. Auf Grund von arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen hat Oesterreicher[1]) diese Arbeitsleistung verbessert; er hat zunächst die Tätigkeit, wie sie der Arbeiter seit alters her ausgeübt hat, zerlegt und in Tabelle 13 nach ihren Griffen, Zeiten und Leistungen zusammengefaßt. Nach eingehenden Versuchen wurde diese Tätigkeit neu geregelt, wie dieses aus Tabelle 14 hervorgeht. Der neu geregelte Arbeitsvorgang II zeigt, daß sich zunächst weniger Griffe und demzufolge geringere Zeiten ergeben haben. Außerdem ist eine Mehrleistung von 50% zu verzeichnen; wobei die Ermüdung und Beanspruchung ebenfalls um 50%, gegenüber der ungeregelten Tätigkeit gesunken ist (Abb. 89). Bei 3000 Arbeitern ergab sich durch die Verbesserung der Arbeitsbedingungen eine tägliche Mehrleistung von 10 464 000 kg. Die Arbeiter verdienten bei der alten Arbeitsweise täglich 14 700 M. und bei der weniger anstrengenden neuen Beschäftigung 18 878 M. täglich.

Die vorhin aufgezählten Vorteile der Arbeitsuntersuchung treten bei diesem praktischen Beispiel deutlich zutage, und es sprechen die Tatsachen für sich.

Auf Grund derartiger Arbeitsuntersuchungen werden sich nach und nach für die verschiedenen Tätigkeiten in der Industrie, Landwirtschaft usw. Normaltätigkeiten und Geräte ableiten lassen.

[1]) Taylor-Zeitschrift 1920, Verlag Lotties, Leipzig und Wien.

Tabelle 13.

Praktisches Beispiel aus dem Tagbergbau.

Arbeitsvorgang: I. Abbau von Erd- und Gesteinsmassen.
Normalzustand: Schaufelform: Nr. 6, Schaufelinhalt: 5 kg.
Temperatur: 18° R, Umgebung: freies Feld.
Arbeiter: M, N × 120, Gesamtdauer: 600 Std.

Nr.	Handgriffe bei ungeregelter Tätigkeit	Zeit/Sekunden
1	Ansetzen der Schaufel	0,4
2	Fußdruck auf Schaufel	1,8
3	Vorbeugen des Oberkörpers	0,2
4	Rückzug des Fußes	0,2
5	Brechbewegung der Schaufel	2,8
6	Heben der Schaufel	1,8
7	Heben des Oberkörpers	0,4
8	Drehen des Oberkörpers zum Hunt	0,6
9	Rückzug der Schaufel	0,8
10	Wurfbewegung	1,8
11	Rückzug der Schaufel in die horizontale Lage	1,8
12	Drehen des Oberkörpers	0,6
13	Griffzeit insgesamt	13,2
14	Zuschlagzeit 10%	1,3
15	Gesamtzeit	14,5
	Arbeitsleistung in 10 Std. insgesamt .kg in den ersten Stunden ca. 1000 kg in den letzten Stunden ca. 500 kg	7000

Tabelle 14.

Arbeitsvorgang: II. Abbau von Erd- und Gesteinsmassen.
Normalzustand: Schaufelform: Nr. 6, Schaufelinhalt: 5 kg,
Temperatur: 18° R, Umgebung: freies Feld,
Arbeiter: MN × 120, Gesamtdauer: 600 Std.

Nr.	Handgriffe bei geregelter Tätigkeit	Zeit/Sekunde
1	Ansetzen der Schaufel	0,4
2	Fußdruck auf Schaufel	1,8
3	Vorbeugen des Oberkörpers	0,2
4	Belassung der Stellung und Brechen der Schaufel	2,8
5	Heben der Schaufel bei Fuß als Hebel	1,8
6	Drehung des geneigten Körpers zum Hunt	0,6
7	Direkter Wurf	1,8
8	Drehen des Körpers gleichzeitig mit der Schaufel	0,6
9	Heben des Oberkörpers	0,2
10	Griffzeit insgesamt	10,2
11	Zuschlagzeit 25%	2,55
12	Gesamtzeit	12,75
	Arbeitsleistung in 10 Std. insgesamt .kg Mehrleistung .kg	10 488 3 488 =50%

Die Normalien bilden alsdann eine wichtige Grundlage bei der Verteilung der Arbeit; sie erleichtern dem Arbeiter die Arbeit und sind für den Betrieb äußerst wertvolle Erfahrungen. Der Einwand, daß die Vereinheitlichung der Arbeitsleistungen für den Arbeiter nachteilige Folgen hat (Monotonie), dürfte bisher in seiner Bedeutung überschätzt worden sein. An anderer Stelle wurde bereits darauf hingewiesen, daß Monotonie und Eignung eng miteinander verbunden sind. Alsdann

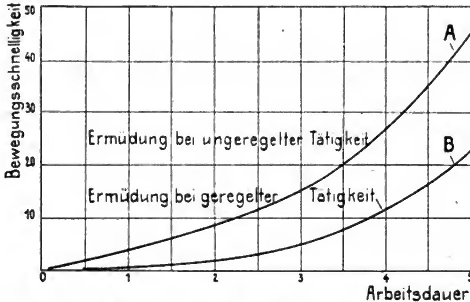


Abb. 89. Verlauf der Ermüdung bei den Tätigkeiten nach Tabelle 13 und 14. Als Maßstab der Ermüdung diente die Abnahme der Bewegungsschnelligkeit.

dürften auch richtig bemessen und verteilte Arbeitspausen, auch Arbeitswechsel u. dgl., stets die Monotonie beseitigen. Jedenfalls bietet dieser Einwand keinen stichhaltigen Grund für das Weiterbestehen der vorherrschenden Unwirtschaftlichkeit und Planlosigkeit.

Die Untersuchung der menschlichen Arbeitsleistung als Ergänzung der technischen Arbeitsprüfungen dürfte demnach berufen sein, die Volkswirtschaft und Volkswohlfahrt günstig zu beeinflussen.

Literaturverzeichnis.

Mit Rücksicht auf die vorhandenen Schriftenverzeichnisse und bestehende Papierknappheit wird von einem direkten Quellenverzeichnis abgesehen. Wir begnügen uns daher mit der Anführung der bereits vorhandenen, teilweise recht umfangreichen Schriftenverzeichnisse.

1. Psychotechnische Schriften:

Münsterberg, H., Grundzüge der Psychotechnik, S. 734. Barth, Leipzig 1914. — Umfassende Zusammenstellung, besonders der amerikanischen Schriften über Psychotechnik.

2. Psychologische Schriften:

Stern, W., Die differentielle Psychologie, S. 379. Barth, Leipzig 1911. — Außerordentlich umfangreiches Verzeichnis der in- und ausländischen Schriften.

3. Arbeits- und betriebswissenschaftliche Schriften:

Sinner, G., Betriebswissenschaften. Technisch-literarischer Führer. Verein deutscher Ingenieure, Berlin 1919.

Ausführliches Verzeichnis mit kurzer Inhaltsangabe der wichtigsten deutschen und ausländischen Schriften.

4. Schriften über Taylor-System:

a) A. Wallichs, Die Betriebsleitung, insbesondere der Werkstätten, S. 157. Springer, Berlin 1914.

Verzeichnis der wichtigsten Bücher und Aufsätze über Taylor-System.

b) Taylor-Zeitschrift, Nr. 1, 2, 3, 4, 1920. Lotties, Leipzig und Wien.

Zeitlich geordnetes Verzeichnis der wichtigsten Schriften über Taylorsystem und Nachbargebiete.

5. Neueste arbeitswissenschaftliche Schriften:

Technische Zeitschriftenschau, Ausgabe für Betriebswissenschaften. Verein deutscher Ingenieure und Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung, Berlin 1920.

Spamersche Buchdruckerei in Leipzig.



